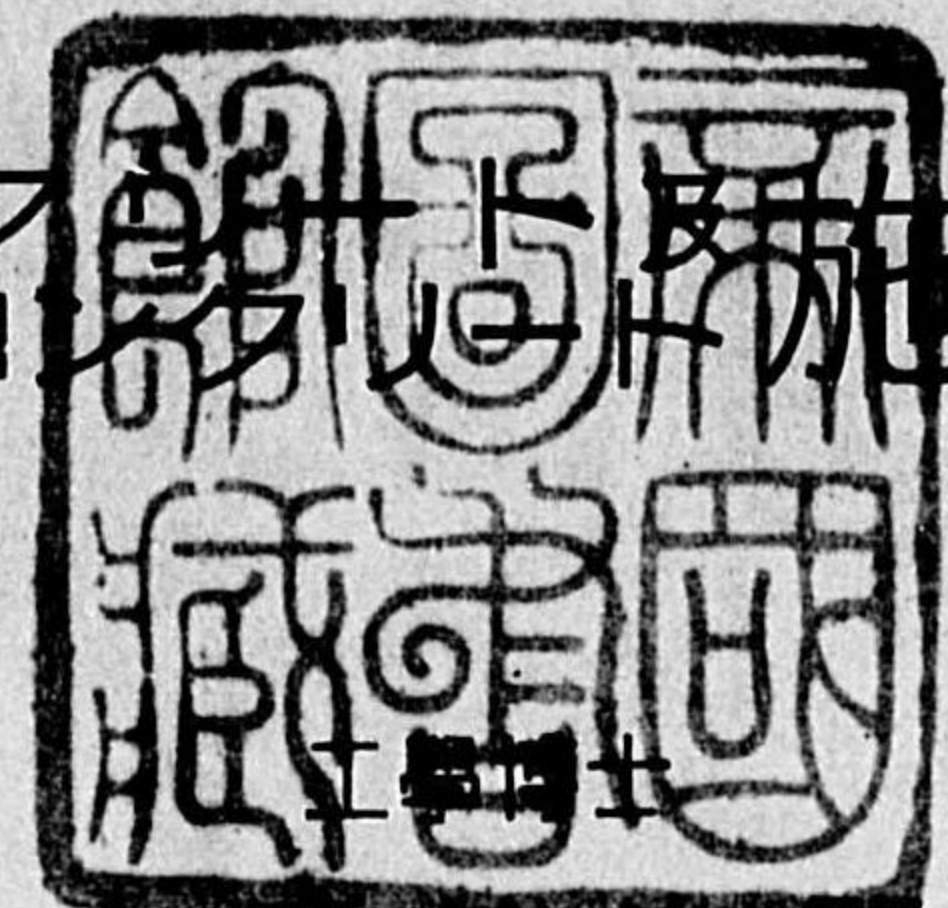


始



511.7
Y86
3

コンクリート
鐵筋コンクリート
五法



吉田徳次郎

著

東京
丸善株式會社





930
122

序

著者は大學でコンクリート及び鐵筋コンクリートの講義をして居ります。

本書はコンクリート及び鐵筋コンクリートの材料並びに施工に關する講義の一部を書いたもので、學生諸君の教科書又は參考書として、御役に立つと信じます。現場で働いて居られる方々の御相談相手にもなると思ひます。經驗ある諸兄の御叱正を賜らば、幸甚に存じます。

本書の出版については、助手川村正明君及び丸善出版部の澤井光男、小坂井金治兩君の援助を受けました。茲に其の勞を感謝致します。

昭和十七年一月

於東京 吉田德次郎

コンクリート及び鉄筋コンクリート施工法

目次

第1章 緒論

§ 1. コンクリート	1	§ 6. 普通のコンクリートに於ける、 セメント、骨材、及び水の量	4
§ 2. 鉄筋コンクリート	1	§ 7. セメント糊の性質がコンクリ ートの性質に及ぼす影響	4
§ 3. コンクリート及び鉄筋コンク リートの特徴	2	§ 8. 優良なコンクリートを造るに 必要な条件	5
§ 4. コンクリートの組成	2		
§ 5. 水、セメント糊及び骨材の役 目	3		

第2章 鉄筋工

§ 9. 鉄筋の材質	8	§ 17. 鉄筋表面の掃除	20
§ 10. 鉄筋の形	9	§ 18. セメント糊を塗ること	21
§ 11. 鉄筋の名稱	10	§ 19. 鉄筋の加工	21
§ 12. 鉄筋の寸法及び断面積	16	§ 20. 被り	25
§ 13. 鉄筋を購入する時の適当な長 さ	17	§ 21. 鉄筋の最小間隔	26
§ 14. 鉄筋の検査	17	§ 22. 鉄筋の組立て	27
§ 15. 鉄筋の試験	18	§ 23. 引張鉄筋の継手	31
§ 16. 鉄筋の貯蔵	19	§ 24. 壓縮鉄筋の継手	35
		§ 25. 鉄筋將來の継手	36

第3章 セメント及びセメント混和材

第1節 總説		ける主要化合物がセメントの 性質に及ぼす影響	43
§ 26. セメントの種類	38	§ 32. 色、比重及び単位容積の重量	43
§ 27. セメントの水和	38	§ 33. 粉末度	44
第2節 ポルトランド セメント		§ 34. 凝結及び硬化	45
§ 28. 種別	39	§ 35. 膨脹龜裂	47
§ 29. 製造	40	§ 36. 收縮龜裂	47
§ 30. 化學成分	41	§ 37. 強度	48
§ 31. ポルトランド セメントに於		§ 38. 早強ポルトランド セメント	50

§ 39. 早強ポルトランド セメント
コンクリート 51

第3節 混合ポルトランド セメント

§ 40. 高爐セメント 52

§ 41. 珪酸質混合セメント 53

§ 42. ソリヂテット 55

第4節 アルミナ セメント

§ 43. アルミナ セメント 56

第5節 セメントの選擇, 購入,

第4章 骨材及び水

第1節 總 說

§ 52. 概說 64

§ 53. 骨材として必要な性質 64

§ 54. 骨材の單位容積重量 66

§ 55. 表面水及び吸水量 68

§ 56. 比重, 絕對容積及び出來上り
コンクリートの容積 69

§ 57. 骨材の空隙率 71

§ 58. 粒度 71

§ 59. 篩分け試験 72

§ 60. 粗粒率 75

第2節 細骨材

§ 61. 概說 76

§ 62. 細骨材の有害物含有量の許容
量 78

§ 63. 細骨材の粒度 78

§ 64. 細骨材の膨み 80

§ 65. 細骨材の耐久性 80

§ 66. モルタルとしての細骨材の強
度試験 81

第3節 粗骨材

§ 67. 概說 81

受入試験及び貯藏

§ 44. セメントの選擇 57

§ 45. セメントの購入及び受入 57

§ 46. 受入試験 58

§ 47. セメントの貯藏 59

第6節 セメント混和材

§ 48. セメント混和材の種類 61

§ 49. 混和材使用の目的 61

§ 50. セメント混和材の價値 62

§ 51. 鹽化カルシウム 63

§ 68. 粗骨材の石質 82

§ 69. 粗骨材の形狀 82

§ 70. 粗骨材の最大寸法 83

§ 71. 粗骨材の粒度 85

§ 72. 粗骨材の有害物含有量の許容
量 85

§ 73. 粗骨材の耐久性 86

§ 74. 粗骨材の耐摩耗性 86

§ 75. 熔鑄爐鑄滓の碎石 86

§ 76. 耐火性の大きいコンクリート
を造る場合の粗骨材 87

第4節 輕量骨材

§ 77. 概說 88

§ 78. ハイダイト 88

§ 79. 石炭燼 88

§ 80. 輕量骨材に於ける有害物質の
許容量 89

第5節 骨材の選擇

§ 81. 骨材の選擇 89

**第6節 骨材の採集, 洗滌, 篩分
け, 取扱ひ及び貯藏**

§ 82. 概說 90

§ 83. 骨材の採集及び製造 90

§ 84. 骨材の洗滌 91

§ 85. 篩分け及び分類 93

§ 86. 骨材の取扱ひ及び貯藏 93

第7節 水

§ 87. 水 97

§ 88. 海水 97

第5章 新らしいコンクリートの性質

§ 89. ウォーカビリティー 99

§ 90. 流動性 101

§ 91. 流動性の測定 101

§ 92. 流動性によるコンクリートの
分類 102

§ 93. 使用水量と流動性との關係 103

§ 94. 配合及び水量と流動性との關

係 104

§ 95. 各種の構造物に對するコンク
リートの流動性及び骨材の最
大寸法 106

§ 96. レイタンス 107

§ 97. 新らしいコンクリートに於け
る材料の分離 108

第6章 配合及び水量

第1節 總 說

§ 98. 概說 113

§ 99. 配合及び水量の表はし方 114

§ 100. 配合の設計 116

§ 101. セメント糊の品質とコンクリ
ートの強度との關係 117

§ 102. セメント糊の品質とコンクリ
ートの強度以外の性質との關
係 120

§ 103. セメントの最小使用量 123

§ 104. 粗骨材の最大寸法及び粗細骨
材比 124

§ 105. 粗細骨材比を決定する諸方法 126

第2節 配合の設計方法

§ 106. 概說 127

§ 107. 慣例による配合決定法 128

§ 108. 米國聯合委員會のコンクリ
ート及び鐵筋コンクリート標準
示方書の表を用ゐる方法 129

§ 109. 骨材の空隙に應じて配合を定
める方法 131

§ 110. セメント使用量と流動性とは
定められて, コンクリートの
配合を設計する方法 132

§ 111. 水セメント比と流動性を定
めて, 配合及び水量を設計す
る諸方法 132

§ 112. 簡単な配合設計法 133

§ 113. 實驗室に於ける試的方法 136

§ 114. 實驗室に於ける試的方法の例
題 141

§ 115. 現場に於て, 試的に配合及び
水量を決定する方法 147

**第3節 コンクリートの出來上り
高, 1 m³ のコンクリート
を造るに要する材料の量,
及び, 壓縮強度と單價と
の關係**

§ 116. 實驗によつて, 1 m³ のコンク
リートを造るに要する材料の
量を決定する方法 149

§ 117. 1 m³ のコンクリートを造るに
要する材料の量を計算する式 150

§ 118. コンクリートの圧縮強度と単価との関係152

第7章 混合

§ 119. コンクリート材料の運搬156

第1節 材料の計量

- § 120. 概説156
§ 121. 現場配合比の計算157
§ 122. セメントの計量159
§ 123. 砂の計量160
§ 124. 砂の膨みと検収162
§ 125. 粗骨材の計量163
§ 126. 水の計量163

第2節 混合方法

- § 127. 概説164
§ 128. 練返しコンクリート164

第8章 コンクリート打ち

第1節 準備

- § 140. 概説176
§ 141. 地盤上にコンクリートを打つ時の準備178

第2節 コンクリートの運搬

- § 142. 概説179
§ 143. 手押車180
§ 144. 軽便鐵道180
§ 145. 自動車181
§ 146. バケツ181
§ 147. ベルト コンベイヤ182
§ 148. 樋卸し182
§ 149. 卷上塔と手押車185
§ 150. コンクリート ポンプ185
§ 151. 壓搾空気による運搬187
§ 152. 急結性コンクリート187

第3節 取扱い、打込み及び締固め

- § 129. 手練りと機械練りとの比較165
§ 130. 手練り166

第3節 機械練り

- § 131. ミキサ167
§ 132. ミキサの能力169
§ 133. ミキサ用の動力170
§ 134. ミキサの選擇170
§ 135. ミキサに材料を投入する順序171
§ 136. 機械練りの作業172
§ 137. ミキサの運轉に就いての注意173
§ 138. 混合所の設備174
§ 139. 既混合コンクリート174

- § 153. 概説188
§ 154. 打込みの順序188
§ 155. 取扱ひ190
§ 156. 運搬して來たコンクリートを直ちに打つこと193
§ 157. 1區劃内に於て略々水平面となる様に打つこと194
§ 158. 型枠又は鐵筋にコンクリートの附着硬化するを防ぐこと194
§ 159. 鐵筋コンクリート柱のコンクリート打ち195
§ 160. 連続して打つこと195
§ 161. 取扱ひに関する鐵筋コンクリート標準示方書の規定196
§ 162. コンクリートの締固め197
§ 163. 締固めの諸方法197
§ 164. 突固め198
§ 165. 振動締固め199
§ 166. 振動機の種類200

- § 167. 振動機の振動數及び振幅203
§ 168. 振動締固めを行ふ場合の型枠、配合及び水量204
§ 169. 振動締固めに関する注意事項205
§ 170. 締固めに關する鐵筋コンクリート標準示方書の規定208
§ 171. 硬練りコンクリートの打ち方209
§ 172. 中軟練りコンクリートの打ち方210
§ 173. 軟練りコンクリートの打ち方210
§ 174. 型枠を使用しない傾斜版のコンクリート打ち211
§ 175. 重力堰堤コンクリートの打込み212

- § 176. アーチのコンクリート打ち212
§ 177. 粗石コンクリート213
§ 178. 巨石コンクリート214

第4節 打継目

- § 179. 概説214
§ 180. 鐵筋コンクリートに於ける打継目215
§ 181. 鐵筋コンクリートに於ける打継目の位置及び方向216
§ 182. 打継目の構造217
§ 183. 水平方向の打継目218
§ 184. 鉛直方向の打継目222
§ 185. 水密継目222

第9章 養生

- § 186. 概説223
§ 187. コンクリートの硬化中に十分濕氣を與へることの必要な理由223
§ 188. 漏潤養生の期間225
§ 189. コンクリートの乾燥を防ぐ爲

- の諸方法226
§ 190. 養生温度227
§ 191. 衝撃及び過分の荷重を加へない様に養生すること228
§ 192. コンクリート舗装の養生228

第10章 雨中、暑中及び寒中コンクリートの施工

第1節 雨中のコンクリートの施工

- § 193. 雨中のコンクリート打ち230

第2節 暑中コンクリートの施工

- § 194. 暑中のコンクリート打ち230

第3節 寒中コンクリートの施工

- § 195. 概説231
§ 196. 材料233

- § 197. 配合及び水量234
§ 198. コンクリートの温度234
§ 199. 材料の加熱234
§ 200. 混合及び運搬235
§ 201. コンクリート打ち236
§ 202. 保温、給熱及び養生期間237
§ 203. 寒中に施工したコンクリートの温度の降下状態239
§ 204. コンクリートの凍結温度を低下させる方法240

第11章 水中コンクリート

- § 205. 概説241 | § 206. 骨材241

§ 207. 配合及び水量241
 § 208. 圍堰242
 § 209. 打込みの方法242
 § 210. 打込み245

第12章 表面仕上げ

第1節 概説

§ 214. 概説248
 § 215. 磨耗を受けないコンクリート
 上面の仕上げ248
 § 216. 堰板に接するコンクリートに
 於て、良好なる表面仕上げを
 得る爲に豫め注意すべき事項、
 及び表面仕上げの準備250
 § 217. 堰板取外し後の表面処理251
 § 218. 凝花253
 § 219. 水蒸気の凝縮を防ぐ仕上げ254

第2節 磨耗に抵抗すべきコン クリート上面の仕上げ

§ 220. 概説254
 § 221. 上層コンクリートの骨材255
 § 222. 上層コンクリートの配合、水
 量及び混合255
 § 223. 上層コンクリートを打つコン
 クリート面の準備256
 § 224. 上層の仕上げの定規導子256
 § 225. 上層コンクリートの打込み、
 締固め、定規均らし、及び均
 らし257
 § 226. 鏝かけ258
 § 227. 磨出し259
 § 228. 養生259
 § 229. テラゾー仕上げ260

第13章 型 枠 工

§ 250. 概説277

§ 211. 水替246
 § 212. レイタンスの発生を防ぐ方法
 及び其の除去246
 § 213. 袋詰コンクリート247

§ 230. 滑らない表面仕上げ261
 § 231. 薬品によるコンクリート面の
 処理261

第3節 装飾仕上げ

§ 232. 概説262
 § 233. 着色コンクリート及びモルタ
 ル262
 § 234. 笹細工仕上げ及び張付仕上げ263
 § 235. 単體仕上げ264
 § 236. 磨出し仕上げ265
 § 237. 擦込仕上げ266
 § 238. 粗面に仕上げる諸方法267
 § 239. 掻起し仕上げ267
 § 240. 砂吹きつけ仕上げ268
 § 241. 工具仕上げ268
 § 242. 浮砂仕上げ268
 § 243. モルタル塗仕上げ268
 § 244. ペンキ塗仕上げ271

第4節 セメント放射機によるモ ルタル仕上げ

§ 245. 概説273
 § 246. セメント放射機及びグナイト273
 § 247. 細骨材及び配合275
 § 248. 施工上の注意275
 § 249. 鉄筋を使用する場合、鉄筋の
 位置、量、及び被り276

第1節 型枠の設計及び製作に就

いて注意すべき事項

§ 251. 形状寸法が正しく且つ堅牢で、
 實際上變形を生じないこと278
 § 252. 木材280
 § 253. 作業場282
 § 254. 釘282
 § 255. 鋸283
 § 256. ボルト283
 § 257. 堰板284
 § 258. 支柱284
 § 259. 主要支柱285
 § 260. 堰板の繼目286
 § 261. 面取り286
 § 262. 一時的開口287
 § 263. 型枠の反り又は上げ越し288
 § 264. 振動又は特種の荷重に對する
 考慮288
 § 265. 組立て及び取外しが容易に且
 つ安全に出来ること288
 § 266. 木材の節約を計ること290
 § 267. 型枠をなるべく多くの回数反
 覆使用すること291
 § 268. 木材の轉用を計ること292
 § 269. 塗布292
 § 270. 型枠の検査293
 § 271. 足場294

第2節 型枠の取外し

§ 272. 概説294
 § 273. 型枠取外しの時期295

第3節 基礎、柱、壁、床版及び 梁の型枠

§ 274. 概説298
 (A) 基礎コンクリート工の型枠

§ 275. 壁の基礎コンクリートの型枠299
 § 276. 柱の基礎コンクリートの型枠299
 (B) 柱の型枠
 § 277. 概説300
 § 278. 正方形断面柱の型枠302
 § 279. 矩形断面柱の型枠303
 § 280. L形断面柱の型枠304
 § 281. 八角形断面及び圓形断面柱の
 型枠304
 (C) 壁の型枠
 § 282. 概説305
 § 283. 普通壁の型枠305
 § 284. 繫材307
 § 285. 羽目型板を用ゐる壁の型枠309
 § 286. 隔壁及び栓309
 § 287. 高い壁の型枠310
 § 288. 鉄筋コンクリート擁壁の型枠311
 § 289. 曲壁の型枠311
 § 290. 壁の型枠の取外し313
 (D) 床版及び梁の型枠
 § 291. 一般の構造313
 § 292. 鋼梁を埋込む梁の型枠316

第4節 鋼製型枠

§ 293. 概説317
 § 294. 鋼製型枠の構造318

第5節 アーチの型枠

§ 295. 概説319
 § 296. 支柱式拱架320
 § 297. トラスの拱架320
 § 298. 支柱式拱架の基礎321
 § 299. 支柱式拱架の設計及び組立て322
 § 300. 數スパンのアーチの拱架325
 § 301. 拱架の取外し326
 § 302. 鋼製拱架326

第14章 硬化したコンクリートの性質

§ 303. 概説328 | 第1節 コンクリートの強度及び

重量

§ 304. 概説328

§ 305. 圧縮強度329

§ 306. 引張強度330

§ 307. 曲げ強度及び押貫剪断強度331

§ 308. コンクリートのヤング係数及びポアソン比331

§ 309. コンクリートの重量331

第 2 節 コンクリートの水密性

§ 310. 概説332

§ 311. コンクリートの滲透性333

第 3 節 コンクリートの容積変化

§ 312. 概説334

§ 313. 水分の変化によるコンクリートの容積変化334

§ 314. コンクリートの温度上昇及び温度変化による容積変化335

§ 315. 大塊のコンクリート構造物に於て、温度変化による容積変化

第 15 章 水密コンクリート、防水工及び防湿工

第 1 節 総 説

§ 328. 概説347

§ 329. 水密コンクリートの施工348

§ 330. コンクリート構造物からの漏水の原因349

§ 331. コンクリート又は鉄筋コンクリート構造物を水密的ならしめることに就いての注意350

§ 332. 防水工の必要351

§ 333. 水圧を受けない側の防水工352

§ 334. 防湿工352

第 2 節 防水成分混和法

§ 335. 概説353

§ 336. 消石灰354

化を越くする方法336

§ 316. コンクリートのクリープ337

第 4 節 耐 久 性

§ 317. 概説338

§ 318. 気象作用に対する耐久性338

§ 319. 水の滲透に対する耐久性339

§ 320. 海水の作用に対するコンクリート及び鉄筋コンクリートの耐久性339

§ 321. 酸及びアルカリの作用に対する耐久性341

§ 322. 油類の作用に対する耐久性341

§ 323. 油類、酸類、鹽類、等がコンクリートに及ぼす影響と之が対策341

§ 324. 耐火性343

§ 325. 磨耗作用に対する耐久性344

§ 326. 電気分解345

第 5 節 コンクリートの癒着

§ 327. コンクリートの癒着346

§ 337. 粘土355

§ 338. 撥水性防水剤355

§ 339. 特種防水剤及び防水セメント356

第 3 節 塗 布 工

§ 340. 概説356

§ 341. ポルトランド セメント モルタル塗布工357

§ 342. ポルトランド セメント ベンキ塗り359

§ 343. 鐵粉を混じたセメント ベンキ塗り359

§ 344. アスファルト 及び コール タールの塗布359

§ 345. パラフィン塗布工360

§ 346. 油、油塗料、油樹脂混合物の塗布361

§ 347. 特殊材料の塗布361

第 4 節 防 水 膜 工

§ 348. 概説361

§ 349. 紙、フェルト 及び布362

§ 350. アスファルト と コール タール ピッチ362

§ 351. 防水膜工を施工すべきコンクリート表面の準備364

§ 352. 防水膜工の施工364

§ 353. 防水膜の保護367

第 5 節 マスチック防水工

§ 354. 概説368

§ 355. シート マスチック工369

§ 356. ブリック イン マスチック工369

第 16 章 海水、酸、アルカリ、油類及び電流の作用を受けるコンクリートの施工

第 1 節 海水の作用を受けるコンクリート及び鉄筋コンクリートの施工

§ 357. 概説372

§ 358. 材料373

§ 359. 配合及び水量374

§ 360. コンクリートの打込み375

§ 361. 被り及びコンクリート面の保護376

作用を受けるコンクリートの施工

§ 362. 酸の作用を受けるコンクリートの施工377

§ 363. アルカリ及び油類の作用を受けるコンクリートの施工377

第 3 節 電流の作用を受ける鉄筋コンクリートの施工

§ 364. 電気分解の豫防法378

第 2 節 酸、アルカリ及び油類の

第 17 章 特に耐火性を必要とする鉄筋コンクリートの施工

§ 365. 概説379

§ 366. 骨材379

§ 367. 被り及びコンクリート面の保護380

第 18 章 特種コンクリート

§ 368. 軽量コンクリート381

§ 369. 多孔コンクリート381

§ 370. 釘の利くコンクリート382

第 19 章 伸 縮 継 目

§ 371. 概説383

§ 372. 伸縮継目の位置及び間隔384

§ 373. 伸縮継目の構造384

§ 374. 伸縮継目の填隙材料385

§ 375. 伸縮縫目の例386
 § 376. 大塊構造物に於ける収縮縫目 388

第 20 章 維持及び修繕作業

§ 378. 概説390
 § 379. 検査390
 § 380. 被害の原因392
 § 381. 修繕作業393
 § 382. 細部の改造393

§ 377. 滑面縫目388

§ 383. 防水工394
 § 384. 龜裂に於ける防水394
 § 385. パッチング395
 § 386. 構造物としての破損に對する
 修繕及び補強398

第 21 章 工 費

§ 387. 概説399
第 1 節 型 枠 費
 § 388. 概説399
 § 389. 型枠の材料費400
 § 390. 型枠の勞力費401
第 2 節 鐵 筋 費
 § 391. 鐵筋材料費403
 § 392. 鐵筋組立費404
第 3 節 コンクリート費
 § 393. 概説406
 § 394. コンクリート 1m³ を造るに
 要する材料費406
 § 395. コンクリート 1m³ を造るに
 要する勞力費408
 § 396. 設備費410
 § 397. コンクリート 1m³ の價格410
第 4 節 表面仕上げ費

§ 398. 表面仕上げに要する勞力費及
 び各種仕上げの單價410
第 5 節 總係費及び雜費
 § 399. 總係費及び雜費411
第 6 節 請負工事の報酬
 § 400. 請負方法412
 § 401. 報酬額413
第 7 節 工事期間及び工費の節約
 § 402. 工事期間413
 § 403. 準備及び調査413
 § 404. 示方書413
 § 405. 工程表414
 § 406. 工事監督415
 § 407. 労働組織416
 § 408. 機械力の應用及び科學的經營
 法416

第 22 章 試 験

第 1 節 總 説
 § 409. 概説419
 § 410. コンクリートに關する試験の
 種類420

§ 411. 現場に於けるコンクリートの
 試験420
 § 412. 載荷試験421

第 2 節 セメントの試験

§ 413. 概説422
 § 414. セメントの臨時日本標準規格 422
 § 415. 試料434
 § 416. 試験用水434
 § 417. 試験機械器具435
 § 418. 比重試験435
 § 419. 粉末度試験436
 § 420. 凝結試験438
 § 421. 膨脹龜裂試験442
 § 422. 強度試験445
 § 423. マグネシヤ、無水硫酸及び灼
 熱減量452

第 3 節 骨材の試験

§ 424. 概説453
 § 425. 試料の採取453
 § 426. 試験に對する骨材試料の準備 454
 § 427. 骨材の篩分け試験455
 § 428. 洗試験459
 § 429. 砂の有機不純物の試験460
 § 430. 骨材の單位容積重量試験461
 § 431. 細骨材の比重試験462
 § 432. 粗骨材の比重試験463
 § 433. 細骨材の吸水量試験464
 § 434. 粗骨材の吸水量試験464
 § 435. 細骨材の表面水の試験465
 § 436. 骨材に含まれる水量の試験465
 § 437. 現場に於ける砂の含水量試験 465
 § 438. モルタル又はコンクリートと
 しての骨材の試験466

第 4 節 ウォーカピリチー試験及
び流動性試験

§ 439. ウォーカピリチー試験467
 § 440. コンクリートの流動性試験468
 § 441. スランプ試験468
 § 442. フロー試験469
 § 443. 落下試験470
 § 444. イリバレンの流動性試験472

第 5 節 コンクリートの壓縮強度
試験

§ 445. 概説473
 § 446. 鐵筋コンクリート標準示方書
 のコンクリート壓縮強度試験
 標準方法473
 § 447. 壓縮強度試験供試體の形狀、
 寸法及び數478
 § 448. 實驗室に於て供試體を作る場
 合の材料の準備480
 § 449. 壓縮強度試験用の型480
 § 450. 壓縮強度試験供試體用の材料
 の計量481
 § 451. 壓縮強度試験供試體用のコン
 クリートの混合482
 § 452. コンクリート試料の採取482
 § 453. 供試體コンクリートの填充483
 § 454. 壓縮強度試験供試體の上面仕
 上げ484
 § 455. 壓縮強度試験供試體の型の取
 外し及び養生486
 § 456. 壓縮強度試験供試體の運搬487
 § 457. 壓縮強度試験供試體の材齡487
 § 458. 壓縮強度試験の準備488
 § 459. 試験荷重を加へる方法489
 § 460. 壓縮強度試験の結果及び報告 490
 § 461. コンクリートの壓縮強度以外
 の性質を評價するために行ふ
 壓縮強度試験491
 § 462. コンクリート材料の試験の目
 的で行ふ壓縮強度試験491
 § 463. 構造物に於けるコンクリート
 の品質を知る目的で行ふ壓縮
 強度試験492
**第 6 節 引張強度試験及び曲げ強
 度試験**
 § 464. 引張強度試験494

§ 465. 曲げ強度試験	494	§ 472. 吸水試験	500
第7節 構造物に於けるコンクリートの強度試験		§ 473. 透水試験	500
§ 466. 概説	496	§ 474. 凍結融解試験	501
§ 467. 供試體の型をコンクリートに埋込む方法	497	§ 475. 磨耗試験	503
§ 468. Volfの方法	497	第9節 コンクリートの分析試験	
§ 469. コアを切採る方法	498	§ 476. 概説	504
§ 470. 衝撃を與へる方法	499	§ 477. 新らしいコンクリートの洗分 析試験	504
第8節 耐久性試験及び磨耗試験		§ 478. 硬化したポルトランドセメント コンクリートに於ける セメント量の試験	506
§ 471. 耐久性試験	499		

第1章 緒論

§ 1. コンクリート

コンクリートはセメントと、砂及び砂利或は碎石と、水とを適量の割合に配合し、混合して固まらせた一種の人造石である。Concreteと言ふ語は相対的に配合して一體になると言ふ意味を有するものである。

コンクリートを造る材料の中で、セメントは最も大切なもので、之を**結合材**と言ひ、砂、砂利、碎石又は之に類似のもので、セメントによつて結合されてコンクリートとなるものを、**骨材**と言ふ。

コンクリートの性質は其の材料の性質、材料の配合、之を混合する程度、出来上つたコンクリートを使用場所まで運搬して型に詰込む方法、型枠の良否、コンクリートを打ち終りて後の期間、其の期間中に於ける含水量及び温度、等に關係のあるものである。

§ 2. 鉄筋コンクリート

コンクリートを補強する目的を以て使用する鋼材を**鉄筋**と言ひ、鉄筋を使用したコンクリートで、外力に對し、兩者が一體として作用するものを**鉄筋コンクリート**と言ふ。

鉄筋コンクリートに對して、鉄筋を使用しないコンクリート、又は、コンクリートの収縮又は温度變化に因る龜裂に對してのみ補強したコンクリートを、**無筋コンクリート**と言ふ。

鉄筋コンクリートに於けるコンクリートは主として**壓縮應力**を受け、コンクリート中に埋込む鉄筋は主として**引張應力**を受ける様に配材するが、鉄筋コンクリート柱や、壓縮鉄筋を有する梁及びアーチなどの様に、鉄筋が**壓縮應力**を受ける場合も尠くない。

土木學會は昭和6年に**鉄筋コンクリート標準示方書**を制定し、昭和15年に之を改訂し、鉄筋コンクリート構造物の設計及び施工に關する一般の標準を示して居る。本書に於て鉄筋コンクリート標準示方書と言ふのは、該示方書を指すのである。

鉄筋コンクリート標準示方書に従つて、鉄筋コンクリート構造物の設計をすることに就いては、拙著「鉄筋コンクリート設計法」を参照され度い。本書は、該標準示方書に従ふ、鉄筋コンクリートの施工法及び、一般のコンクリートの施工法に就いて述べたものである。

鋼は工場で製造されるものであるから、信用ある工場の製品であれば、其の性質はほゞ一定して居る。然るに、コンクリートは現場で製造されるものであるから、其の使用材料、材

料の配合、混合、打込み、養生、等の如何によつてコンクリートの性質に非常な差を生ずるものである。依つて、設計に於て假定された性質を有するコンクリートを製造するには、特別の技術と注意とを要するのである。鉄筋コンクリートの計算には、其の強度に關するもの外にも澤山の假定がある。是等の假定がなるべく成立つ様に、鉄筋コンクリートを施工する必要あることは論ずる迄もない。

§ 3. コンクリート及び鉄筋コンクリートの特徴

現今土木工事の大部分は土工と、コンクリート又は鉄筋コンクリート工事とであると言つて大過ない様に思はれる。建築でも、大きなものでコンクリート又は鉄筋コンクリートを使用しないものは殆どない。それほど、コンクリート及び鉄筋コンクリートが土木建築工事に使用されるに至つた理由は、コンクリート及び鉄筋コンクリート構造物は、譬へ美觀其の他に於て他の建築材料を用ゐるものに較べて劣る所があるにしても、耐久的、耐火的、耐震的で、構造物建設の目的を十分達するものを、多くの場合に、最も經濟的に建造することが出来ると言ふ點にあるのである。其の他、諸種の特徴に就いては拙著「鉄筋コンクリート設計法」を参照されたい。

§ 4. コンクリートの組成

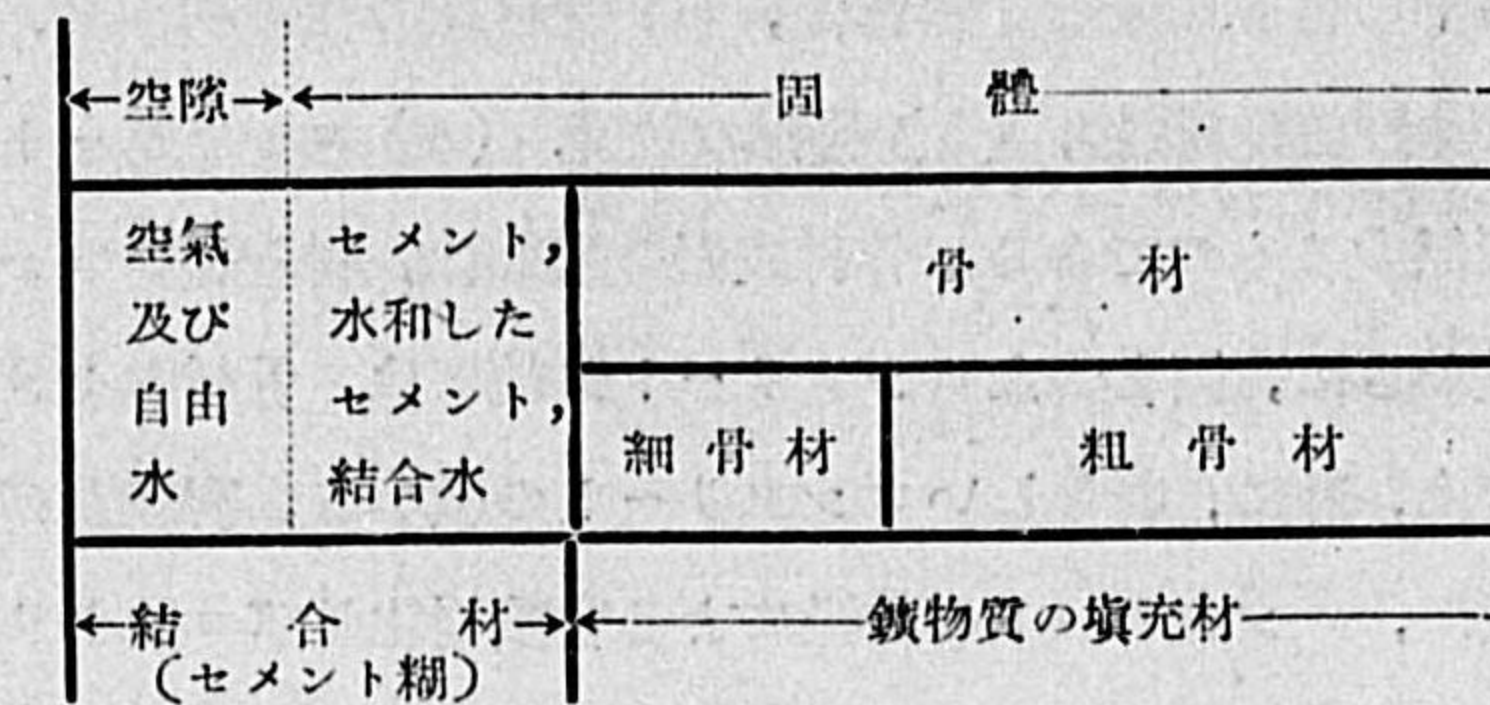
コンクリートは、骨材をセメントと水とで出来るセメント糊で取囲むだものと考へることが出来る。それで、コンクリートの性質は、それが固まる前でも、固まつた後でも、其の材料の性質及び配合に、密接な關係を有する。

まだ固まらない新しいコンクリートに於ける骨材は、セメント糊の中に混吊されて居ると考へるのが適當である。セメント糊の量は、骨材粒を覆ひ、骨材の間隙を填充するに十分な丈けなければならない。新しいコンクリートの流動性を支配するものは、セメント糊の流動性、骨材粒の大小粒混合の程度即ち粒度及び骨材粒の形状、セメント糊の量と骨材の量との比、等である。一般のコンクリート工事に於ては、プラスチックな流動性のコンクリートを使用する。軟か過ぎたり又は硬過ぎるコンクリート、又は、ばさばさしたものは、材料の分離を生じたりして、目的を達するコンクリートとならないのが普通である。依つて、セメント、水、砂、及び砂利の配合は、實用上の一定の範囲内になければならない。

固まつたコンクリートの固體の部分は、骨材と、固まつたセメント糊とから成立ち、コンクリートの容積の残りの部分は自由水と空氣隙とである。適當な、配合、水量、混合及び締固めによつて造つた新しいコンクリートに於ける空氣隙の容積は比較的小さいもので、普

通、コンクリートの容積の1%乃至2%である。或る材齡に於て、コンクリート中にある自由水の量は、セメントと水との化合の程度及び乾燥する時、水の蒸發によつて失はれる量によるものである。

コンクリートの組成を概念的に示すと次の如くである。



點線の境界はセメントと水との化合の程度及び水分が失はれる程度によつて異なる。

細骨材と粗骨材の區別は任意的のもので、我國では、板篩5を通過するものを細骨材、之に止まるものを粗骨材として居る。

§ 5. 水、セメント糊及び骨材の役目

セメントと水とが化合して固まることを、セメントの水和と言ふ。

コンクリートを造るに水を用ゐる目的は2つある。第1は、セメントを水和させる爲であり、第2は、作業に適する軟かさのコンクリートを得る爲である。第2の目的の爲に必要な水量は、第1の目的の爲に必要な水量よりも、一般に、大分大きい。それで、セメント糊に於ける必要な水量は、一般に、第2の目的を果す方から定められる。普通のコンクリートに使用される、水とセメントとの重量比は、45%乃至90%である。

セメント糊の主な役目は、(1)骨材粒の表面を覆ふこと、(2)骨材の間隙を填充すること、(3)新しいコンクリートが作業に適する軟かさとなるため骨材間の整滑材として働くこと、(4)固まつたコンクリートに於て水密性及び強度等を得させること、等である。

硬化したセメント糊の性質は、(1)セメントの性質、(2)水とセメントとの比、(3)セメントの水和の程度、等によるものである。セメントが十分に水和するには、時日、適當の温度及び水分の存在が必要である。

適當な温度に於て十分に水を與へてコンクリートを硬化させる期間を、コンクリートの養生期間と言ふ。普通の工事に於けるコンクリートの養生期間は3日乃至14日であり、實驗室に於ける養生期間は普通28日である。

骨材の主な役目は3つある。第1は、セメント糊に対して比較的廉價な填充材となることであり、第2は、コンクリートに、荷重の作用、磨耗、水の侵透、氣象作用等に抵抗する爲に必要な性質を有せしめることであり、第3は、セメント糊が硬化する時及び硬化したセメント糊に於ける水分が變化する時に生ずるコンクリートの容積變化を軽減すること、である。

或る骨材がコンクリートの性質に及ぼす影響は、(1)骨材粒の物理的性質、殊に、強度、弾性及び耐久性、(2)骨材表面の状態、(3)骨材の粒度、(4)コンクリートの單位容積に於ける骨材の量、等に關係するものである。骨材表面の状態は、新らしいコンクリートに於ては、コンクリートの軟かさに、固まつたコンクリートに於ては、骨材とセメント糊との附着力に、關係する。粒度は、殊に、新らしいコンクリートの軟かさ、密度及び價格に關係する。骨材の使用量は、殊に、コンクリートの乾燥による容積變化及びコンクリートの價格に關係する。

§ 6. 普通のコンクリートに於ける、セメント、骨材、及び水の量

普通に使用されて居るコンクリートに於て、セメントと骨材との重量比は、セメントの使用量の非常に多いコンクリート即ち極く富配合のコンクリートで 1:3、セメント使用量の少いコンクリート即ち貧配合のコンクリートで 1:9 位である。是等の範圍に於て、コンクリートの體積の 66% 乃至 76% は骨材で、骨材がコンクリート體積の主要部分を占めて居り、セメントは 16% 乃至 7% を占めて居る。即ち、極く富配合のコンクリートと貧配合のコンクリートとに於けるセメント使用量の比は 2 以下である。

コンクリートの全容積に対する全水量の變化は比較的小さいもので、コンクリート 1m³ に対し大體 145 kg 乃至 220 kg の水が使用される。

材料の絶対容積 (§ 56 參照) を一定にして、コンクリート中に於けるセメントの一部を骨材で置換へても、又、骨材の一部をセメントで置換へても、使用水量を一定に保てば、コンクリートの流動性は殆ど一定である。セメント使用量が變つても、或る流動性のコンクリートを得るために使用すべき水量がほぼ一定であることから考へて、或る流動性を有する貧配合のコンクリートに於けるセメント糊は、同じ流動性を有する富配合のコンクリートに於けるセメント糊よりもうすいことは明白である。換言すれば、コンクリートの流動性を一定に保つ時、セメント使用量を減すれば、セメント 1 袋に対して使用する水量を増加しなければならぬのである。

§ 7. セメント糊の性質が、コンクリートの性質に及ぼす影響

セメント糊がコンクリートに於ける活生素であるから、骨材が満足な性質のものであれば、コンクリートの性質が、セメント糊の影響を受けることが非常に大きいことは當然である。満足な性質の骨材を手に入れることは、普通大いした困難がない。

與へられたセメントに對し、セメント糊の強度及び密度は、全く、水とセメントとの比又は、セメントと水との比(單に水セメント比又はセメント水比と言ふ)に關するものである。それで、プラスチックで、作業に適する軟かさのコンクリートを使用する範圍に於て、水セメント比が小さい程、コンクリートの壓縮強度、引張強度、曲げ強度及び水密性、等が大きい。之は、セメントの使用量に直接關係しない。

コンクリートの耐久性、即ちコンクリートの氣象作用に對する抵抗力は、コンクリートの強度及び水密性に關するものであるから、セメント糊の性質は、又、耐久性に直接の關係を有する。

セメント糊の性質の影響を受ける、上記以外のコンクリートの性質が、水セメント比の影響を受けることも明白である。例へば、水セメント比が大きいセメント糊ほど、乾燥による收縮が大きいから、水セメント比の大きいコンクリートほど收縮が大きい。但し、コンクリートの乾燥による收縮は、セメント糊の性質と同時に、其の量にも關係するので、或る場合には、セメント糊の水セメント比が大きくても、其の使用量が少い時には、コンクリート全體としては、收縮が大きくなることもある。

従來、水セメント比は、コンクリートの所要壓縮強度を基準として、之を定めるのが普通であつた。然し、現今の優良なポルトランドセメントを使用する時は、かなり水セメント比が大きい場合でも相當高い壓縮強度が得られる。依つて、コンクリートの水セメント比は、單に所要壓縮強度丈から定むべきではなく、コンクリートの耐久性をも考慮して、之を定めるのが適當である (§ 102 參照)。

ともかく、セメント糊の水セメント比、從つてコンクリートの水セメント比の變化により、コンクリートの發揮し得べき諸性質を左右することが出来るのである。

§ 8. 優良なコンクリートを造るに必要な條件

如何なコンクリートが良いコンクリートであるかと言ふことは、コンクリート使用の目的と經濟上の關係とから定まる問題である。例へば、水の出ない様な所に、少しばかりの荷重を地盤に分布させる目的で造るコンクリート基礎であれば、其のコンクリートの強度はあまり問題にならないから、配合が容積比で 1:4:8 と言ふ様なコンクリートが良いコンクリートである場合もあろう。水槽を造るとすれば水の漏らないことが第一に必要な條件である。倉を造

るならば強度の外に、耐火、耐漏であるコンクリートが良いコンクリートである。美観も考へなければならぬ場合がある。要は、最も経済的に使用の目的を達することが出来るコンクリートが、優良のコンクリートであると思はれる。然しコンクリート使用の目的は上記の如く千差萬別であるから、同一な構造物にしても時と場合とによつて使用すべき良いコンクリートは異つて来る譯である。

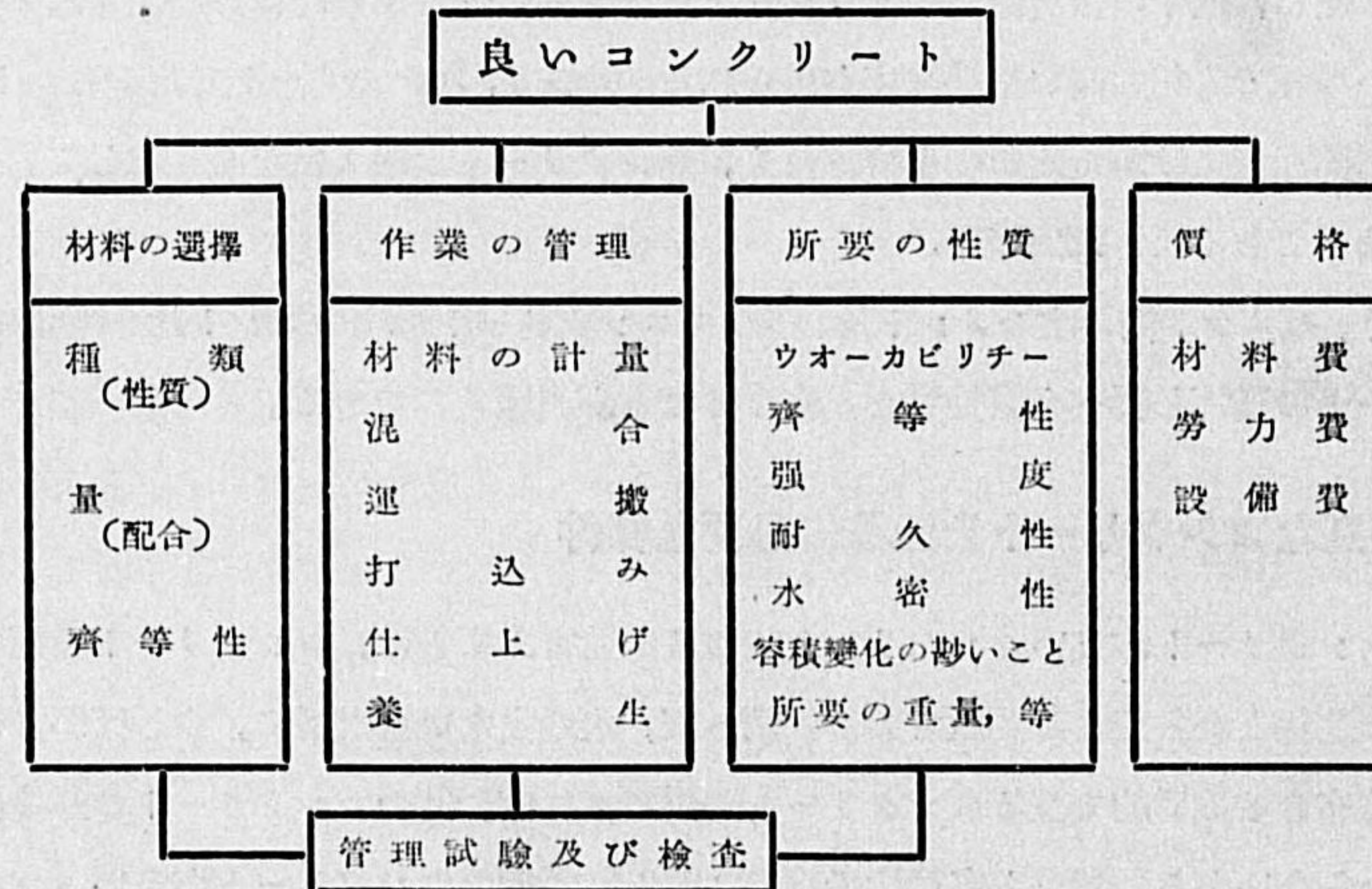
一般の場合、使用の目的を達するコンクリートと言ふのは、所要の諸性質、例へばコンクリートが固まる前に於ては作業に適するウオーカビリチー (§ 89 参照)、固まつた後に於ては、齊等で、強度、水密性及び耐久性が大きく、容積變化の少いコンクリートのことである。

所要の諸性質を有するコンクリートを得るには、コンクリート材料の選擇から、コンクリートが適当な材齡に達する迄の間に於ける施工一切の管理が大切である。

コンクリート施工の管理と言ふのは、齊等質で、作業に適するウオーカビリチーのコンクリートを適當に供給して打込み、適當に養生し、所要の諸性質を有するコンクリートを製造する作業を勵行させることである。廣義に於ては、施工の各階梯を最も経済的に實行すること、適当な材料を選擇するために各種の試験を行ふこと、出来たコンクリートの性質を確めるために必要な試験をすること、等である。

良いコンクリートを造るために、考慮すべき事項を、圖解的に示すと **第 1 表** の如くである。

第 1 表



適当なセメントの種類及び製造工場の選定、骨材の産地を骨材の性質及び価格の見地から選定することは、コンクリートの製造に着手する第 1 の階梯である。

適当なコンクリート材料が得られても、コンクリートの配合、取扱ひ、打込み、及び養生等の管理が適當でなければ、優良な材料の眞價を發揮させることは出来ない。コンクリート材料がよくない時程、所要の耐久性、強度、最小の維持修繕費、のコンクリートを得るため、換言すれば最も経済的なコンクリートを得るため、厳格な管理が必要になる。

コンクリートの材料、配合及び水量を、強度、耐久性其の他の諸性質を有する様に定めた丈けでは十分でない。コンクリートは作業に適するウオーカビリチーを有するものでなければならぬ。コンクリートが其の打込み、及び締固めの作業方法に對して軟かすぎれば、材料の分離が起りコンクリートに豆板が出来たり、打つた表面にレイタンス (§ 96 参照) が出来たりする。又、硬すぎたり、ばさばさして居れば、コンクリートに大きな空隙が出来たりする。如何にセメント糊が水密であつてもコンクリートに大きな空隙や、龜裂などがあれば、コンクリートは水密にならない。如何に強度及び耐久性の大きい可能性のあるコンクリートでも、現場に於て、一練り、一練りを適當に打込み、締固め及び養生しなければ、是等の性質を實現させることが出来ない。コンクリート作業に於て、凡ての事項の間に釣合ひがとれるためには、適当な判断、先見、及び十分な検査が必要である。全體として、立派なコンクリート構造物が得られる爲に、コンクリート施工の重要を強調し過ぎることは出来ない。

第2章 鐵筋工

§ 9. 鐵筋の材質

鐵筋として使用する鋼に必要な性質は、降伏點の高いこと、コンクリートとの附着力の大きいこと、及び脆くないこと即ち延性の大きいこと、等である。

鐵筋コンクリート梁に於ける引張鐵筋の極強度は、其の降伏點強度であり、柱に於ても、壓縮鐵筋の極強度は其の降伏點強度であるから、降伏點の高い鋼ほど、鐵筋として有効であることは明白である。然し、普通の構造用鋼材では、降伏點が高くなると脆くなる。我國では、炭素の含有量の少い構造用鋼が最も多く用ゐられて居るが、外國では炭素の多い中鋼及び硬鋼の使用が盛んになつて居る。中鋼、硬鋼、は溫度の變化其の他によつて生ずるコンクリートの龜裂を防ぐ爲の鐵筋として殊に有効であるが、施工上から言ふと其の質が硬いから、加工に困難だと言ふ缺點がある。

コンクリートと鐵筋との附着強度を大ならしめる目的に對して**異形鐵筋**が製造されて居る (§ 10 參照)。

鐵筋の延性が大きいことは、鐵筋加工の際に、破損したり、引張強度が減じたり、しない爲に大切である。鐵筋の延性に關しては、普通、屈曲試験が行はれる。屈曲試験に合格する鋼は鐵筋として十分な延性を有する。

如何なる性質の鋼を使用するかは、構造物の種類及び之が使用される状態其の他によつて判斷される。

近來、製鐵技術の進歩に伴ひ、鐵筋として使用し得べき特殊の鋼材が出来て居る。試験の結果、適當であることが證明されたものは、使用して差支へない。

鐵筋として使用する鋼材に就き、鐵筋コンクリート標準示方書は次の様に規定して居る。

『第17條 材 質』

(1) 鐵筋として使用する鋼材は JES 第430號 G 56 一般構造用壓延鋼材の規格中、第二種 SS 41 に合したるものたるべし。

(2) 責任技術者の承認を得たる場合に限り、前項に依らざる特殊の鋼材を使用することを得。』

JES (日本標準規格) 第430號 G 56 第九條、第2表に示されて居る棒鋼第二種 SS 41 は、抗張力が $4\,100\text{ kg/cm}^2$ 乃至 $5\,000\text{ kg/cm}^2$ 、伸びが、標準抗張試験片第二號 (標點距離 L は

徑又は對邊距離 D の8倍、兩端を太くするものに在りては平行部の長さは D の約9倍) を用ゐる時 20% 以上、標準抗張試験片第三號 (徑又は對邊距離 25 mm を超ゆる試験片、標點距離 L は徑又は對邊距離 D の4倍、兩端を太くするものに在りては平行部の長さは D の約4.5倍) を用ゐる時 24% 以上、の棒鋼である。

§ 10. 鐵筋の形

鐵筋を形によつて分けると、

1. 棒鋼——丸鋼、角鋼、異形鐵筋
2. 平鋼
3. 形鋼
4. 特種の鐵筋

と、することが出来る。此のうちで、**棒鋼**が最も多く用ゐられる。其の理由は、

- (a) 鋼とコンクリートとで、なるべく單一體の鐵筋コンクリートを造るに適して居ること、
- (b) コンクリートに餘り大きな應力を集中させない様に、必要な箇所に鐵筋を配置するに便利であること、
- (c) 鐵筋とコンクリートとを十分附着させ、是等の間の附着強度を發揮させるに都合がよいこと、
- (d) 取扱い、加工及び組立てが容易であること、
- (e) 無駄の出来ない様に、經濟的に使用し得ること、等である。

丸鋼 棒鋼のうちで、丸鋼は鐵筋として最も適當なもので、古くから、最も多く用ゐられて居る。單に鐵筋と言へば、丸鋼を指す場合が多い。

角鋼 角鋼は取扱い、加工及び組立てが、丸鋼の様に便利でない。長さの長い角鋼は扱れが出来易いから、鐵筋の組立てに際して、正しい位置を保たせるのに困難を感じる。それで、角鋼は、特別の場合のほか、用ゐられない。

異形鐵筋 高強度のコンクリートを使用し、鐵筋の許容引張強度を大きく採るためには、附着強度の大きい鐵筋を使用することが望ましい。又、短いスパンの梁や基礎版などに於て屢々起る様に、附着強度が不足する爲に鋼の許容引張應力度を利用することが出来ない時、特に激しい衝撃を受ける構造物、例へば鐵筋コンクリート舗裝、溫度變化其の他によつて生ずる龜裂を防ぐための用心鐵筋、等に於て、附着強度の大きい鐵筋が望ましい。是等の目的に對して、**異形鐵筋**が製造されて居る。

異形鐵筋は、之を輾壓する時に、輾子に型をつけておいて、棒鋼の表面に凹凸を作るか、

又は角鋼を摺つたりしたものである。異形鐵筋の種類は甚だ多いが、表面に凹みのあるものは、そこへ水が溜る缺點がある。多くの異形鐵筋のうちで、どれがよいか未だ判つて居ない。現今、我國では特別の場合のほか、異形鐵筋が使用されない。それで、鐵筋コンクリート標準示方書は、異形鐵筋に觸れて居ないが、引抜き試験に於て、極めて少量の鐵筋端の滑動により、所要の附着強度を發揮し得る異形鐵筋に於ては、其の許容附着應力度を普通の棒鋼よりも25%大きく採るのが普通である。異形鐵筋の有効断面としては其の最小断面を採る。

平鋼 平鋼とコンクリートとの附着強度は、棒鋼とコンクリートとの附着強度よりも小さいから、平鋼は、形鋼と鉚接又は銲接して之を用ゐる特別の場合のほかは、殆ど用ゐられない。

形鋼 山形鋼其の他の形鋼を鐵筋として使用するものは、

- (a) 鐵筋自身で其の組立てた形を維持させること、
- (b) 鐵筋を足場に代用すること、

等の必要ある場合であるが、種々の缺點があるので、極く特別の場合のほかは、形鋼の使用が避けられてゐる。形鋼を水平に用ゐる場合には、コンクリート打ちの際に其の下側の表面に十分コンクリートがまわる様に、特に注意しなければならない。

特種の鐵筋 特に鐵筋として造られた種々の形の鋼がある。エキスパンデッドメタル、川崎鐵網などが、其の例である。

§ 11. 鐵筋の名稱

鐵筋コンクリート標準示方書は第2條に鐵筋の名稱につき次の定義を與へて居る。

『正鐵筋——版又は梁に於て、正の曲げモーメントより生ずる引張應力を受くる様、配置せられたる鐵筋を言ふ。

負鐵筋——版又は梁に於て、負の曲げモーメントより生ずる引張應力を受くる様、配置せられたる鐵筋を言ふ。

主鐵筋——設計荷重に依り其の斷面積を決定したる鐵筋を言ふ。

配力鐵筋——主鐵筋の位置を確保し、且つ外力及び應力を平等に傳播するため、普通の場合、主鐵筋と直角の方向に配置せられたる補助の鐵筋を言ふ。

軸方向鐵筋——柱の軸方向に配置せられたる主鐵筋を言ふ。

斜引張鐵筋——斜引張應力を受くる主鐵筋を言ふ。

腹鐵筋——版又は梁の斜引張鐵筋を言ふ。

肋鐵筋——正鐵筋又は負鐵筋に圍繞せしめ、之に直角又は直角に近き角度をなす腹鐵筋を

言ふ。

折曲鐵筋——正鐵筋又は負鐵筋を曲上げ又は曲下げたる腹鐵筋を言ふ。

帶鐵筋——軸方向鐵筋を所定の間隔毎に圍繞して配置されたる横方向の補助の鐵筋を言ふ。

螺旋鐵筋——軸方向鐵筋を螺旋狀又は環狀に圍繞して配置されたる主鐵筋を言ふ。

組立用鐵筋——施工に際し、鐵筋の位置を確保する目的を以て挿入する補助の鐵筋を言ふ。

用心鐵筋——主鐵筋、帶鐵筋、配力鐵筋、組立用鐵筋以外の鐵筋にして、用心のために挿入する補助の鐵筋を言ふ。』

主鐵筋 鐵筋コンクリート構造の一部をなす部材、即ち柱、版及び梁等に於て、設計荷重によつて是等に生ずる軸方向力、曲げモーメント及び剪斷力等に抵抗させる爲に、計算上から斷面積が算定される鐵筋を主鐵筋と言ふのである。鐵筋は常に直接應力を受けるもので、引張應力を受ける時は**引張鐵筋**、壓縮應力を受ける時は**壓縮鐵筋**と言ふ。壓縮材の軸方向に配置される軸方向鐵筋は壓縮主鐵筋であり、肋鐵筋、折曲鐵筋、螺旋鐵筋、等は引張主鐵筋である。

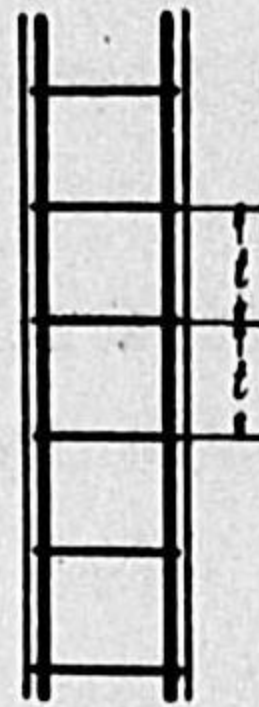
主鐵筋と言ふ語は、設計荷重による應力の計算から斷面積が算定されない配力鐵筋、帶鐵筋、組立用鐵筋及び用心鐵筋等の様な補助の鐵筋との區別を示す爲に用ゐられるものである。

正鐵筋及び負鐵筋 水平位置に置かれた版又は梁に於ては、其の下側に引張應力、上側に壓縮應力を生ずる曲げモーメントを正の曲げモーメント、上側に引張應力、下側に壓縮應力を生ずる曲げモーメントを負の曲げモーメントと稱することが、一般に認められて居る。是等の曲げモーメントによる引張應力を受ける様に配置される鐵筋を夫々正鐵筋及び負鐵筋と言ふのである。従つて、正鐵筋及び負鐵筋は、共に、引張主鐵筋である。版又は梁として働く鐵筋コンクリート部材の位置が鉛直である様な場合には、正負曲げモーメントの區別を決定する爲に一般に認められた規則がないから、此の名稱が一般的に適用されない。然し、正負の曲げモーメントに就いて定義が與へられた場合には、此の名稱を使用してよいことは勿論である。

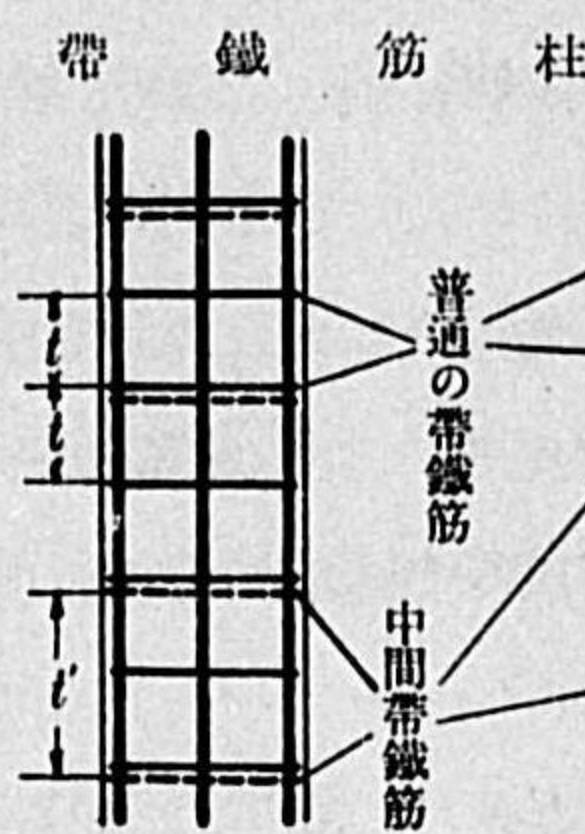
軸方向鐵筋及び帶鐵筋 第1圖乃至第3圖は柱の軸方向に配置した軸方向鐵筋を帶鐵筋と稱する補助の鐵筋を以て、所定の間隔毎に、横方向に繫結した**帶鐵筋柱**を示す。

帶鐵筋使用の目的は、軸方向鐵筋のバックリングを防ぐことと、壓縮應力に依つてコンクリートが横方向に擴大するのを或る程度迄防いで、十分にコンクリートの壓縮強度を利用すること、とにある。第1圖の斷面に破線で示してある對角線の方向の鐵筋は、鐵筋組立てに於て、鐵筋の骨格を確保する目的で挿入する**組立用鐵筋**である。之は、コンクリート打ちの妨げとなるから、使用しない場合が多い。若し必要あれば、目的を達する範囲内で、成る可

第1圖



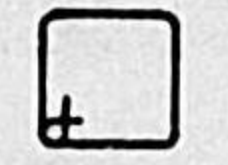
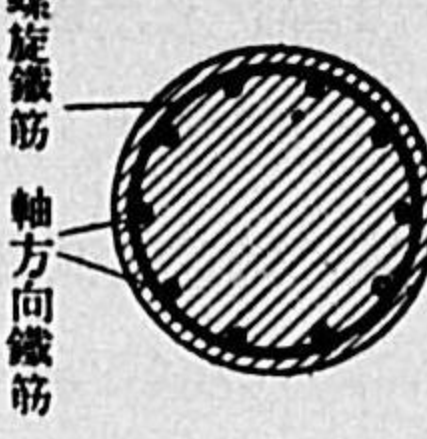
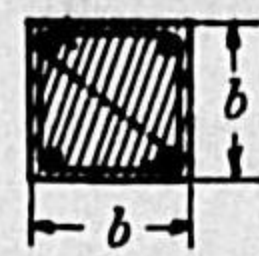
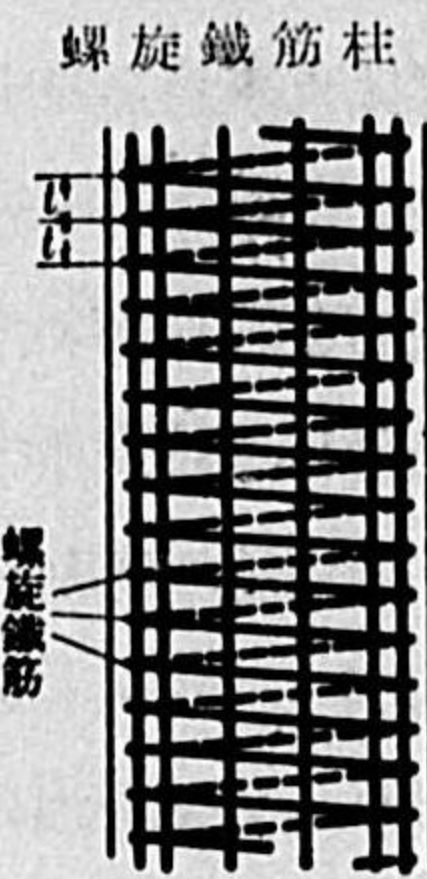
第2圖



第3圖



第4圖



組立用鐵筋



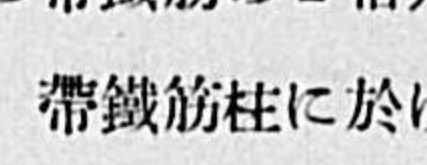
中間帶鐵筋



普通の帶鐵筋



螺旋鐵筋



螺旋鐵筋に於ける軸方向鐵筋及び帶鐵筋に關し、鐵筋コンクリート標準示方書

第94條に、次の規定がある。

『(2) 帶鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋斷面積は、所要コンクリート斷面積の0.8%以上4%以下たるべし。

(3) 帶鐵筋の間隔は柱の最小幅又は軸方向鐵筋直徑の12倍を超過すべからず。

梁と交叉する柱の部分に於ても十分なる帶鐵筋を使用すべし。

(4) 帶鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋の直徑は12mm以上にして、帶鐵筋の直徑は6mm以上たるべし。』

螺旋鐵筋 第4圖は、コンクリート柱の軸方向に配置した軸方向鐵筋の周圍を、引張應力を受ける螺旋鐵筋で螺旋狀に緊結した螺旋鐵筋柱を示す。

螺旋鐵筋使用の目的は、軸方向に壓縮力を受ける部材を横方向に抑制し、之が爲に生ずる横方向の壓縮應力によつて軸方向の壓縮應力の影響を中和し、部材の軸方向の壓縮力に對する抵抗力を増大せしめるにある。

く大きい間隔に配置する。大きい斷面の柱では、周圍にある帶鐵筋丈では、角と角との間にある軸方向鐵筋のバックリングを防ぐに有效でないから、周圍に用ゐる普通の帶鐵筋のほかに、第2圖及び第3圖に破線で示してある様な中間帶鐵筋を使用する。中間

帶鐵筋はなるべくコンクリート打ちの妨げとならない爲に、圖に示してある様に、多角形のものを使用し、其の間隔は普通の帶鐵筋の2倍乃至3倍とする。

螺旋鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋及び螺旋鐵筋に關し、鐵筋コンクリート標準示方書第95條に次の規定がある。

『(2) 螺旋鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋の數は6本以上たるべし。

(3) 螺旋鐵筋柱の有効斷面積は螺旋鐵筋中心線内のコンクリート斷面積とす。

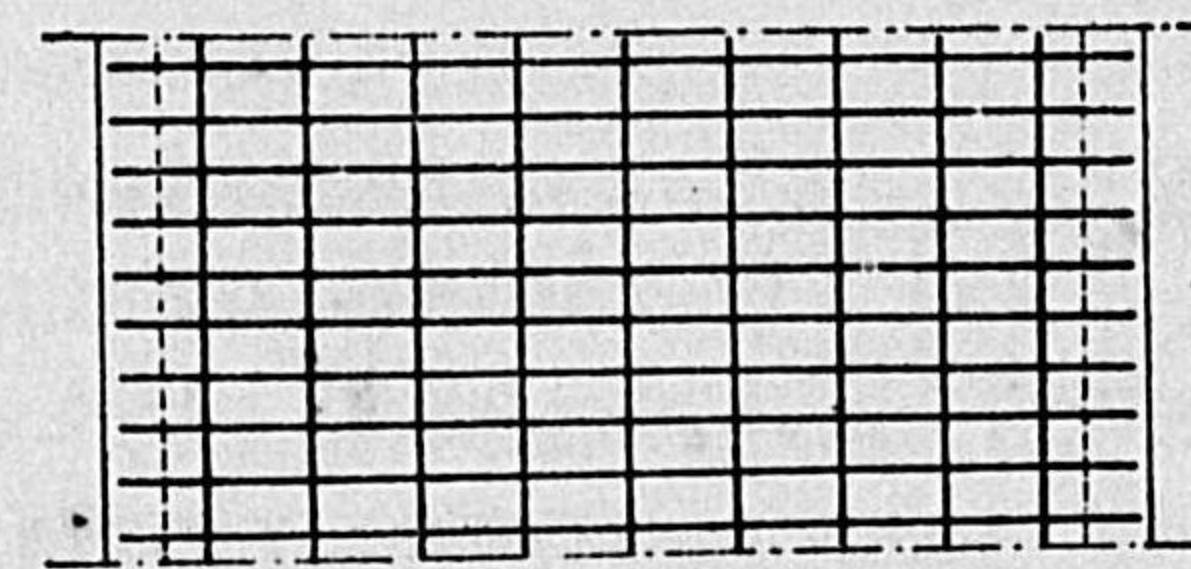
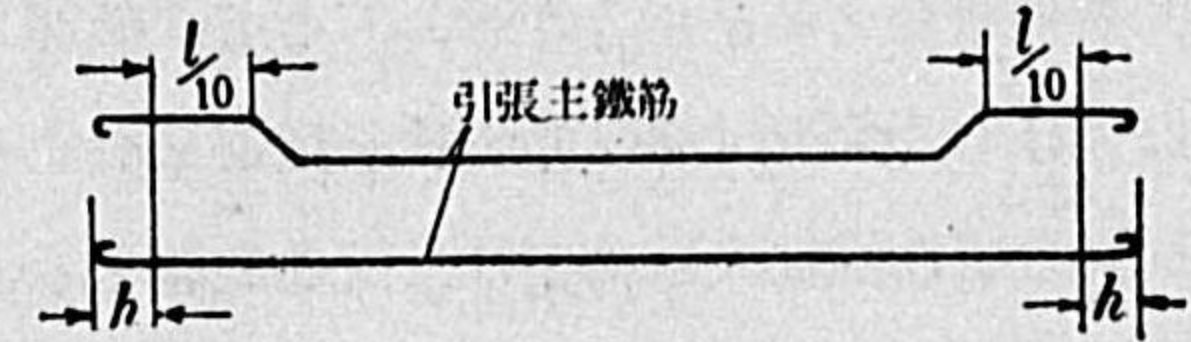
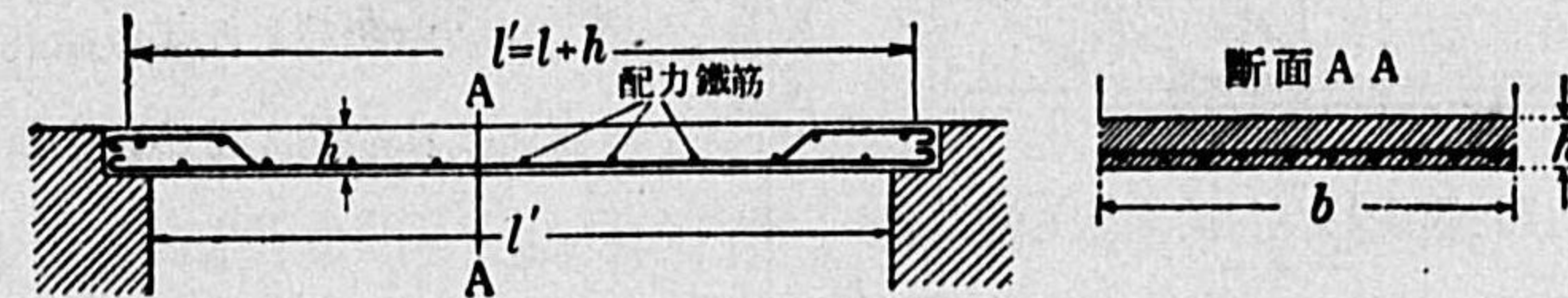
(4) 螺旋鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋の斷面積は柱の全斷面積の0.8%以上4%以下にして、螺旋鐵筋換算斷面積の1/3以上たるべし。

(5) 螺旋鐵筋の間隔は柱の有効斷面の直徑の1/5以下にして8cmを超過すべからず。

梁と交叉する柱の部分に於ても十分なる螺旋鐵筋を使用すべし。

(6) 螺旋鐵筋柱に於ける軸方向鐵筋の直徑は12mm以上にして、螺旋鐵筋の直徑は6mm以上たるべし。』

第5圖 鐵筋コンクリート單純版に於ける鐵筋の配置



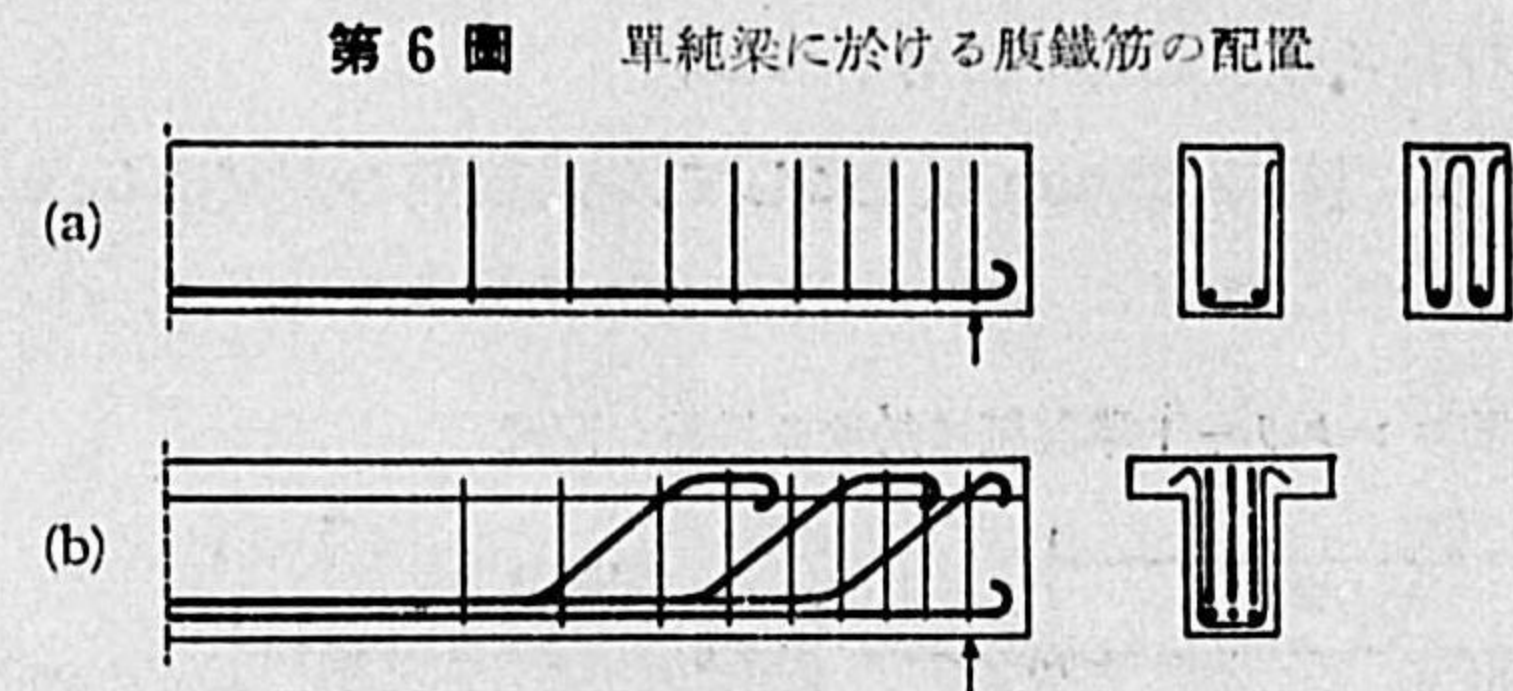
配力鐵筋 1方向にのみ主鐵筋を有する版に於ては、主鐵筋の位置を確保し、外力を平等に傳播させ、又、コンクリートの乾燥による收縮及び温度の變化等によつてコンクリートに生ずる龜裂を防ぐ爲に、主鐵筋に通常直角の方向に鐵筋を配置する必要がある。此の鐵筋を配力鐵筋と言ふ。第5圖は單純版に於ける主鐵筋及び配力鐵筋の配置を示す。曲上げた主鐵筋の下側の鐵筋は組立用鐵筋で、曲上げた鐵筋の位置を保持する目的で使用されるものである。

版に於ける主鐵筋及び配力鐵筋に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書第79條に次の規定がある。

『(3) 主鐵筋の中心間隔は最大曲げモーメントの断面に於て 15 cm 以下、又は版の有効高さの 1.5 倍以下とし、其の他の断面に於ても 30 cm を超過すべからず。

(4) 1 方向に主鐵筋を有する版に於ては、主鐵筋に直角の方向に配力鐵筋を配置すべし。單位幅に於ける配力鐵筋斷面積は其の部分に於ける引張主鐵筋の單位幅の斷面積の $\frac{1}{4}$ 以上を使用し、其の間隔は斷面有効高さの 4 倍以下とすべし。』

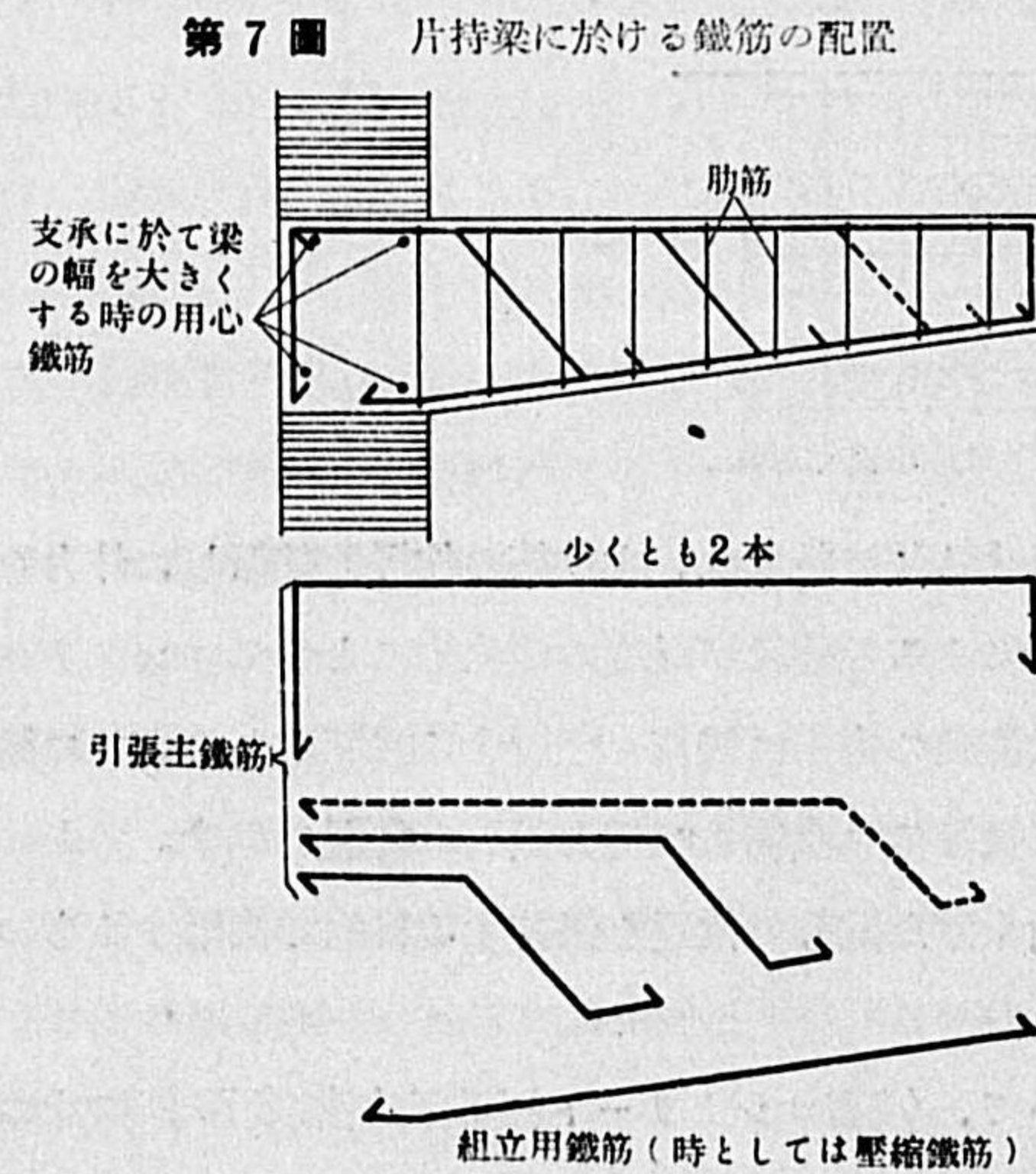
斜引張鐵筋、腹鐵筋、肋鐵筋及び折曲鐵筋 斜引張應力は曲げモーメントによる引張應力と剪断應力との合成應力である。之を受ける爲の鐵筋が斜引張鐵筋であつて、斜引張應力



から斷面及び配置が算定される引張主鐵筋である。版又は梁に於ては之を腹鐵筋と言ふ。引張主鐵筋に對し直角又は直角に近い角度をなす腹鐵筋を肋鐵筋又は肋筋と言ひ、主鐵筋を曲上げ

又は曲下げた腹鐵筋を折曲鐵筋と言ふ。

第 5 圖 には版の主鐵筋を曲上げて折曲鐵筋とした場合が示してある。第 6 圖 は單純梁に於ける腹鐵筋の配置を示したもので (a) は肋鐵筋のみ、(b) は肋鐵筋と折曲鐵筋とを併用したものである。第 7 圖 は片持梁に於ける肋鐵筋及び曲下げた折曲鐵筋を示す。梁の下側



にある組立用鐵筋は、肋鐵筋の位置を保持する目的で使用するものであるが、其の斷面積を相當大きくすれば壓縮鐵筋として有効に働かせることも出来る。

肋鐵筋は、丁度、ハウトラスの鉛直材に相當する働きをするもので、水平な引張主鐵筋がハウトラスの下弦材として引張應力を受け、壓縮コンクリートが上弦材として働き、斜引張應力の爲に生ずべき傾斜龜裂の間にあるコンクリートが斜材として壓縮應力を受けるのである。肋鐵筋に就いて鐵筋コンクリート標準示

方書第 80 條 (3) に次の規定がある。

『肋鐵筋は引張主鐵筋に圍繞せしめ、其の端を壓縮部コンクリートに碇着すべし。壓縮鐵筋をも有する場合には肋鐵筋を引張鐵筋及び壓縮鐵筋に圍繞せしむべし。梁には常に肋鐵筋を配置し、其の間隔は梁の有効高さの $\frac{1}{2}$ 又は梁の腹部の幅以下とすべし。但し計算上必要ならざる部分にては梁の有効高さまで増大することを得。肋鐵筋の直徑は 6 mm 以上とすべし。』

折曲鐵筋は丁度、ウワレントラスの斜引張材の様な働きをするもので、水平な引張主鐵筋がトラスの下弦材、壓縮コンクリートが上弦材、斜引張應力の爲に生ずべき龜裂の間にあるコンクリートが斜壓縮材として働くのである。

組立用鐵筋 コンクリート打ちに際し、主鐵筋の位置を確保することが出来る様に、又、鐵筋の組立てを容易ならしめる目的で、特に挿入する補助の鐵筋が組立用鐵筋である。柱、版、及び梁に使用される組立用鐵筋の例は前記の通りである。

用心鐵筋 コンクリートの乾燥、溫度の變化、等による膨脹收縮、及び振動等によつて構造物に生ずる應力を計算し、之に對して必要な鐵筋を配置する時には、此の鐵筋は主鐵筋である。然し、以上の様な原因によつて構造物に生ずる應力を計算し、之に應ずる様に鐵筋を配置することは實際上不可能のこともあり、又、不可能で無いにしても、一般に、非常に面倒であるから、斯かる計算を省略し、經驗上から十分安全であると認められる程度に、鐵筋を配置することが多い。斯の如き場合、此の鐵筋は用心鐵筋の一種である。

鐵筋コンクリート標準示方書第 80 條 (4) によると、丁形梁に於て版の主鐵筋が梁に平行な場合には梁に直角に相當の用心鐵筋を版の上部に配置すべしと規定してある。此の鐵筋は應力の計算から、其の必要な斷面積を算定することは出来ないが、安全の爲に必要であるとして、挿入する用心鐵筋である。

又、鐵筋コンクリート標準示方書には、前に示した様に、梁には常に肋鐵筋を配置すべきことが規定してあるから、計算上必要でない時でも、梁に於ては肋鐵筋を使用しなければならない。斯かる場合の肋鐵筋や、帶鐵筋及び配力鐵筋の様なものは、廣い意味での用心鐵筋であるが、特に名稱のあるものは、用心鐵筋と言はない。

鐵筋コンクリート部材の隅角の缺損するのを防ぐ目的で、隅角に沿つて挿入する鐵筋などの様に、特別の名稱がなく、全く安全の爲に使用される鐵筋は凡て用心鐵筋と考へてよい。

以上に述べた鐵筋の名稱は、大體使用の目的に依つて、便利を主としてつけたもので、同時に數種の用途を兼ねる鐵筋もある。斯の如きものは其の主要な用途の名稱を用ゐればよい譯である。

§ 12. 鐵筋の寸法及び斷面積

鐵筋コンクリート標準示方書は鐵筋の寸法及び斷面積に就いて、次の様に規定して居る。

『第18條 寸法及び斷面積』

鐵筋の寸法及び斷面積は JES 第25號 G 14 標準棒鋼及び同第26號 G 15 標準形鋼の規

第2表 日本標準規格による丸鋼及び角鋼の寸法及び重量
丸 鋼 角 鋼

徑 mm	斷面積 mm ²	重 量 kg/m	邊 mm	斷面積 mm ²	重 量 kg/m
6	28.27	0.222	6	36	0.283
7	38.48	0.302	7	49	0.385
8	50.27	0.395	8	64	0.502
9	63.62	0.499	9	81	0.636
10	78.54	0.617	10	100	0.785
11	95.03	0.746	11	121	0.950
12	113.1	0.888	12	144	1.13
13	132.7	1.04	13	169	1.33
14	153.9	1.21	14	196	1.54
15	176.7	1.39	15	225	1.77
16	201.1	1.58	16	256	2.01
17	227.0	1.78	17	289	2.27
18	254.5	2.00	18	324	2.54
19	283.5	2.23	19	361	2.83
20	314.2	2.47	20	400	3.14
21	346.4	2.72	21	441	3.46
22	380.1	2.98	22	484	3.80
23	415.5	3.26	23	529	4.15
24	452.4	3.55	24	576	4.52
25	490.9	3.85	25	625	4.91
26	530.9	4.17	26	676	5.31
28	615.8	4.83	28	784	6.15
30	706.9	5.55	30	900	7.07
32	804.2	6.31	32	1024	8.04
34	907.9	7.13	34	1156	9.07
36	1018	7.99	36	1296	10.2
38	1134	8.90	38	1444	11.3
40	1257	9.87	40	1600	12.6
42	1385	10.9	42	1764	13.8
44	1521	11.9	44	1936	15.2
46	1662	13.0			
48	1810	14.2			
50	1963	15.4			
55	2376	18.7			

格に依るべし』

JES (日本標準規格) 第25號 G 14 は、徑 6 mm 乃至 200 mm の丸鋼、邊が 6 mm 乃至 150 mm の角鋼、及び對邊距離が 15 mm 乃至 40 mm の八角鋼、の斷面積 (mm²)、重量 (kg/m) を與へた表であり、同第26號 G 15 は標準形鋼の寸法、斷面積、重量、斷面の圖心の位置、斷面2次モーメント、斷面の最小及び最大回轉半徑、斷面係數、等を示した表である。

JES 第25號 G 14 に示される丸鋼及び角鋼の寸法及び重量は第2表の如くである。

§ 13. 鐵筋を購入する時の適当な長さ

日本製鐵株式會社で製造する丸鋼の長さは、徑 9 mm のもので、3.6 m、4.5 m、5.4 m 及び 6 m の4種、徑 12 mm 乃至 48 mm のもので、3.6 m、4.5 m、4.8 m、5.5 m、6 m、6.6 m 及び 7.2 m の7種である。然し、特に註文すれば 12 m 乃至 16 m 位迄は任意の長さのものが得られるが、日限がかかり、多少價格も高くなる。短い鐵筋を要する時は切り、長いものを要する時には繼合せなければならぬから、特別の場合のほかは市場販賣品を用ゐて最も合理的に最も經濟的になる様に設計してある筈であるが、鐵筋購入に際して、無駄の切れ端の出ない様な長さを選ぶことも大切である。多量の鐵筋を使用する場合には、一般に、長さ 12 m 乃至 15 m 位のものを註文するのがよい。之丈の長さがあれば、鐵筋の繼手の數を減ずることが出来るから、所要鐵筋量が減ずるのみならず、之を適当な長さに切つて、無駄の出ない様に利用することが容易である。

鐵筋の組立てがすぐ出来る爲に、種々の異つた長さの鐵筋を註文することは、一般に得策でない。如何となれば、一々長さを指定すると、一般に、値段が高くなり、供給を受ける迄に時間が多くかかるのみならず、異つた直徑及び長さの鐵筋を區別して整頓することが面倒で且つ場所を塞げて困る上に、設計變更の際に、役に立たないものが出来たり、無駄の切れ端が澤山に出来たりし、新たに註文するとすれば、工事が遅れると言ふ様な不利益があるからである。

§ 14. 鐵筋の検査

鐵筋が到着したら直ちに検査を行つて、斷面の減少、有害な疵、等の缺點あるものは排除しなければならない。

JES 第24號 G 13 に示されて居る、棒鋼の寸法及び重量の公差は次の通りである。

『第二條 鋼材ノ寸法ノ公差ハ次表ニ依ル

種 類		公 差	
棒 鋼	徑、邊又ハ對邊距離	± 2% 但シ最小値 ± 0.5 mm	
	長	7 m 以下	+ 40 mm
		7 m ヲ超ユルモノ	長 1 m ヲ増ス毎ニ上記ノ公差ニ更ニ 5 mm ヲ加フ 但シ最大値 + 120 mm
常溫ノママ切斷シタルモノ	+ 10 mm		

第三條 鋼材ノ重量ハ 1 cm³ ノ鋼ヲ 7.85 g トシテ算出シ其ノ公差ハ次表ニ依ル

種 類	公 差	
棒 鋼	1 箇ニ付計量スル場合	± 6%
	同一寸法ノモノ 10 箇以上ヲ 1 組トシテ計量スル場合	± 5%

§ 15. 鐵 筋 の 試 験

鐵筋の試験としては、一般に、抗張試験及び屈曲試験が行はれる。

抗張試験に關し、JES 第 430 號 G 56 に規定された事項の要點は、棒鋼に於ける抗張試験片は長の方向から之を採取し、若し矯正の必要ある時は常溫のまま之を行ふこと、試験片にはなるべく壓延肌を残すこと、但し徑又は對邊距離 65 mm 以下の棒鋼に在りては適宜機械仕上をしてよいこと、抗張試験に於て試験片が標點間の中心から標點距離の $\frac{1}{4}$ 以外で切斷し其の成績が規格に合しない時は其の試験を無効とし更に最初に試験片を採取した鋼材に付再試験を行ふことが出来ること、等である。所要の強度及び伸びは § 9 に述べた通りである。鐵筋の抗張試験は、一般に、試験所に依頼しなければならないが、現今、信用ある製鐵所で製造される鋼であれば、規格に合しないものは殆どないから、斯の如き場合には、抗張試験を省略し、現場で屈曲試験をするだけにとどめる場合も尠くない。

鐵筋に就いて行はれる屈曲試験は常溫屈曲試験で、此の試験に關し JES 第 430 號 G 56 は次の様に規定して居る。

『第十一條 常溫屈曲試験ニ在リテハ常溫ノママ試験片ニ壓力ヲ加ヘ、又ハ、槌打ニ依リ第 3 表規定の内側半徑ニテ 180 度ヲ屈曲スルモ外側ニ裂疵ヲ生セサルコトヲ要ス。……

第 3 表

種 別	記 號	内 側 半 徑
………	………	………
第 二 種	SS 41	厚、徑又ハ對邊距離ノ 1.5 倍
………	………	………

第十條………徑又ハ對邊距離 35 mm 未滿ノ棒鋼………ノ試験片ハ壓延セルママノ材料ヲ用ウルモノトス。

第十三條 試験片ノ數ハ第 4 表ニ依ルモノトス。

第 4 表

種 類	抗 張 試 験 片 ノ 數	屈 曲 試 験 片 ノ 數
………	………	………
棒 鋼	…第二種……ニ在リテハ、同一熔鋼ニ屬スル…棒鋼ノ徑又ハ對邊距離ノ差 10 mm 未滿ノモノヲ一括シテ 1 箇、但シ重量 25 超ヲ超ユルトキハ 2 箇	…第二種ニ在リテハ同一熔鋼ニ屬スル…棒鋼ノ徑又ハ對邊距離ノ差 7 mm 未滿ノモノヲ一括シテ 1 箇、但シ重量 25 超ヲ超ユルトキハ 2 箇

第十五條 抗張試験又ハ屈曲試験ノ成績カ規格ニ合セサルトキハ其ノ試験片各 1 箇ニ付更ニ 2 箇ノ試験片ヲ採取シ再試験ヲ行フコトヲ得。此ノ場合ニ於テ其ノ内 1 箇タリトモ合格セサルトキハ其ノ試験片ニ依リ代表セラルル鋼材ハ全部之ヲ不合格トス。』

現場に於て、熔鋼の種類が明かでない時には、大約 100 本の棒鋼につき、一箇の試験片を採取すればよい。

§ 16. 鐵 筋 の 貯 藏

鐵筋の検査が済んだらば、之を類別して貯藏する。

鐵筋の貯藏に際し、鐵筋は之を直接地上に置かず、地表から 10 cm 以上はなすがよい。之は、濕氣による鐵筋の腐蝕を防ぐ上からのみならず、取扱ひの便利のためにも必要である。

海岸工事の様潮風で鐵筋が錆び易い時には倉庫に貯藏する必要がある。此の時には先に用ゐるものが直ちに取出せる様に分類して貯藏することが肝要である。そうしないと、後で取出しに非常な面倒を生ずる。倉庫が無い時で鐵筋の使用までに相當の時日がある時には、波形鐵板の類で覆ひをなし、風雨、等に因る鐵筋の腐蝕を防がなければならない。ひどく錆

びさせると、後に錆を取り去るのに非常な手数がかかるからである。

鐵筋の貯藏に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第21條 鐵筋の貯藏』

鐵筋は直接地上に置くことを避け、倉庫内に又は適當なる覆ひをなして貯藏すべし。』

§ 17. 鐵筋表面の掃除

鐵筋は之を組立てる前に、浮錆又は錆片と言つて、槌で叩けばぼろぼろ剥落する様な大錆や、表面に附着した泥、油、ペンキなど、凡て鐵筋とコンクリートとの附着を妨げる恐れあるものは、完全に之を取去らなければならない。多少の錆は無害であるばかりでなく、コンクリートと鐵筋との附着強度を大ならしめるから、鐵筋を磨く必要は寸毫ないけれども、浮錆は是非取去らなければならない。之には、槌で叩き落したり、鐵片で削り落したり、針金のたはし又はサンドペーパーの類で擦り落したりするのが普通であるが、場合によつては硫酸で洗ひ落すこともある。鹽酸を用ゐてもよいが高價につく。酸で洗つた時は、後で完全に酸を洗ひ落すことが肝要である。錆びた棒鋼が澤山ある場合には、數本の棒鋼を鐵線ですく結束し、數束を1度にクレーンで吊上げて、高さ3m乃至4mの所から落す作業を數回繰返す方法が便利である。錆落しをした様な場合には、鐵筋斷面積の減少について考慮する必要がある。斷面積の減少を大約求めるには、錆びて居ない棒鋼との重量差から計算すればよい。數パーセントも斷面積が減少して居る様な場合には、之を補ふだけの鐵筋を別に加へる必要がある。

鐵筋についた油を取去るのは容易でないから、油のつかない様に注意する。§ 269 に述べた様に、鐵筋の配置前に板に塗油するのも、鐵筋に油のつくのを避ける爲である。油を取去る爲に鐵筋をトーチで焼いたり、鐵筋を錆びさせて錆を落したりすることもあるが、それだけ手間がかかることは免れ難い。

鐵筋の組立て後でも、コンクリート打ちまでに相當の時日が経過した時には、コンクリートを打つ前に再び検査をして、泥などが着いて居れば、再び掃除しなければならない。

コンクリート打ちを一度にせず、數回に分けて施工する時には、前回はコンクリートを打つた時のモルタルの飛沫が、鐵筋に附着して居る。之は鐵筋とコンクリートとの附着を妨げる恐れがあるから、取去る必要があるが、此の作業は一般に甚だ困難であるから、なるべく一度にコンクリート打ちを爲し得る様に工夫するか、一時的開口(§ 262 参照)を設けてコンクリート打ちをする必要がある。

上記の事項に關し、鐵筋コンクリート標準示方書は第47條に、次の様に規定して居る。

『(1) 鐵筋は組立てに先立ちて清掃し、浮錆其の他コンクリートとの附着力を減ずる虞れあるものは之を除去すべし。

(5) 鐵筋組立後長時日を経過したる場合にはコンクリート打ちに先立ち、再び組立ての検査をなし、必要に應じ清掃すべし。』

§ 18. セメント糊を塗ること

鐵筋の組立て前でも組立て後でも、鐵筋を長く大氣に曝して置く場合には、浮錆の出來ないうちに、鐵筋の表面に、セメントに大約其の重量の3割位の水を加へたセメント糊を、よくかきまわしながら、刷毛で薄く塗りつけるがよい。之は鐵筋に浮錆の出來るのを防ぐに有效であるばかりでなく、コンクリートが貧配合である場合、コンクリート中のセメント糊で十分鐵筋を包み得る程度の軟練りコンクリートを使用することが出來ない事情の爲に鐵筋の防錆について疑がある場合、コンクリート中に於ける鐵筋の防錆を一層確實にしようとする場合、等に對して頗る有効である。此の方法を用ゐる時に、従來は、塗つたセメント糊が鐵筋とコンクリートとの附着を妨げるから、コンクリートを打つ前に削ぎ去るか、若しコンクリート中に於ける鐵筋防錆の目的で塗るならば、コンクリート打ちの直前に塗る様に規定されて居るが、著者の實驗の結果から見ると其の必要はない(九州帝國大學工學部工學彙報第二卷第二號参照)。

§ 19. 鐵筋の加工

鐵筋は設計圖に示された通りの寸法に曲げなければならないことは勿論であるが、曲げたり、曲りを直したりする時に材質を傷つけない様に加工しなければならない。急角度に曲げるのは宜しくない。

それで、鐵筋の端を鈎形に曲げる時の半徑が設計圖に示してない場合には、少くとも、鐵筋の材質を傷けないため、鐵筋を其の直徑の1.5倍以上の半徑を有する型の周りに曲げる必要がある。それは、§ 15 に述べた屈曲試験に合格する鐵筋であれば、其の直徑の1.5倍の内側半徑で180度だけ屈曲しても、外側に裂疵を生じないからである。

折曲鐵筋の曲點に於て、鐵筋が餘り小さい半徑の圓弧に曲げると、曲點に於けるコンクリートが過大な壓縮應力のために破壊する恐れがある。此の場合、鐵筋を其の直徑の5倍以上の半徑を有する圓弧に曲げれば、安全であることが、實驗及び經驗上證明されて居る。然し、ラーメン隅角部の曲點に於ては、折曲鐵筋の場合と異なり、曲點に於ける鐵筋の應力度が許容應力度に近い場合が多いから、鐵筋直徑の10倍以上の半徑に曲げておく必要があ

る。

普通に用ゐられる鉄筋は、大約、直徑が 32 mm 位迄のものであるから、熱して曲げる必要はないが、直徑が 40 mm 内外又は特に大きな鉄筋を曲げる時には、加熱しなければならぬことがある。此の場合、加熱の温度が高かすぎると、鉄筋の材質を害する恐れがあるから、淡き櫻紅色以上に熱しない様に注意を要する。

鉄筋の直線部は眞直でなければならない。製造、運搬、加工等の間に出来た屈曲、急曲、等が、十分直し得なければ、斯かる缺點ある鉄筋を使用してはならない。

鉄筋コンクリート標準示方書は、鉄筋の加工に就いて次の様に規定して居る。

『第46條 鉄筋の加工』

(1) 鉄筋は設計に示されたる形状及び寸法に正しく一致せしむる様、材質を傷つけざる方法に依り加工すべし。

(2) 設計に示されざる場合鉄筋を曲ぐるには、其の端に於ては鉄筋直徑の 1.5 倍以上、折曲鉄筋の曲點に於ては 5 倍以上、ラーメン隅角部の曲點に於ては 10 倍以上の半徑を有する圓形の型を用ふべし (第15圖 参照)。

(3) 加熱して曲ぐる場合には、其の全作業に就いて責任技術者の承認を受くべし。

(4) 設計に指示せざる急曲を有する鉄筋は使用すべからず。』

鉄筋を曲げるのは簡単な作業であるけれども、數萬本の鉄筋を曲げる様な時には、相當に考慮を拂ふに足ることである。設計の際にも鉄筋を曲げる數及び種類をなるべく少くする様に努めるのであるが、作業の方法によりても大いに工費に差を生ずる。

鉄筋を曲げる作業は、(1) 鉄筋端を曲げる場合、(2) 床版用の小徑の鉄筋を曲げる場合、(3) 梁の大徑の鉄筋を曲げる場合、(4) 肋筋又は柱の帯鉄筋を曲げる場合、(5) 柱が床又は其の附近で断面を變ずる時に其の軸方向鉄筋を曲げる場合、(6) 柱の螺旋鉄筋を作る場合、等に分けることが出来る。(6) は少々特種の設備を要する。いづれの場合に於ても、同種、同形又は同徑のものなるべく同時に曲げる様にするのが便利である。

棒鋼を切るのに、直徑 12 mm 位までは、2 重槓杆の鋏を用ゐるのが便利である。直徑 18 mm 位までは、“ボルト切り”を用ゐることが出来るが、それ以上では、タガネで棒鋼の周圍に切込みを付けて折り切る。多數の鉄筋を切る時には切斷機を使用するのが適當である。

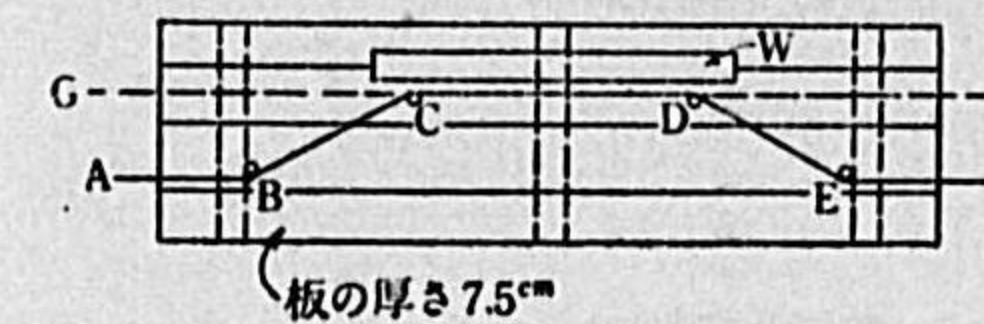
壓縮鉄筋に銜合せ襷手を用ゐる時には、端を平面にする爲に、鋸で切らなければならない (§ 24 参照)。

鉄筋を曲げるに用ゐる器具器械は非常に澤山あるが、大同小異のものが多い。極く簡単な方法は、相當な高さに置いた厚板の面に鋼の型と木片又は山形鋼等を取りつけ、鉄筋の端

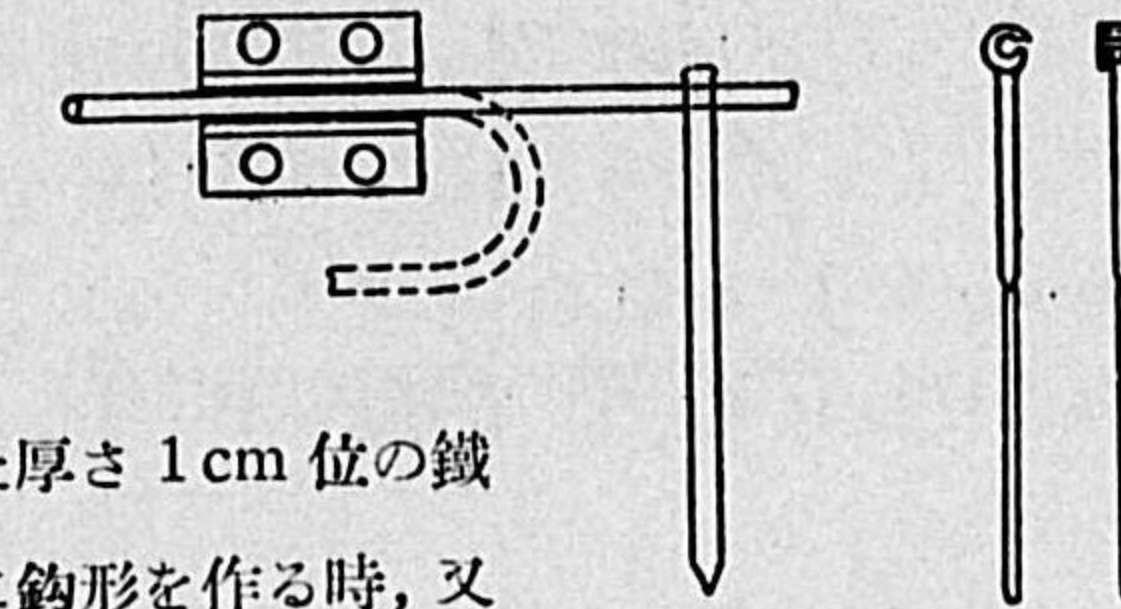
に鋼管をはめて、鉄筋を型の周りに曲げる方法である。

第8圖は、床版の引張鉄筋に折曲げを設ける場合の1例を示したもので、C、D、B、E は鉄筋を曲げ様とする位置に厚板に穿たれた穴に挿入した長さ 15 cm 位の丸鋼である。W は鉄筋を曲げる時に其の位置を保たせる爲に取付けた木片である。先づ鉄筋を圖の GH の位置に置いて、之を C 及び D の周りに曲げ、次に B 及び E の周りに AB 及び EF が GH に平

第8圖 鉄筋の曲げ方



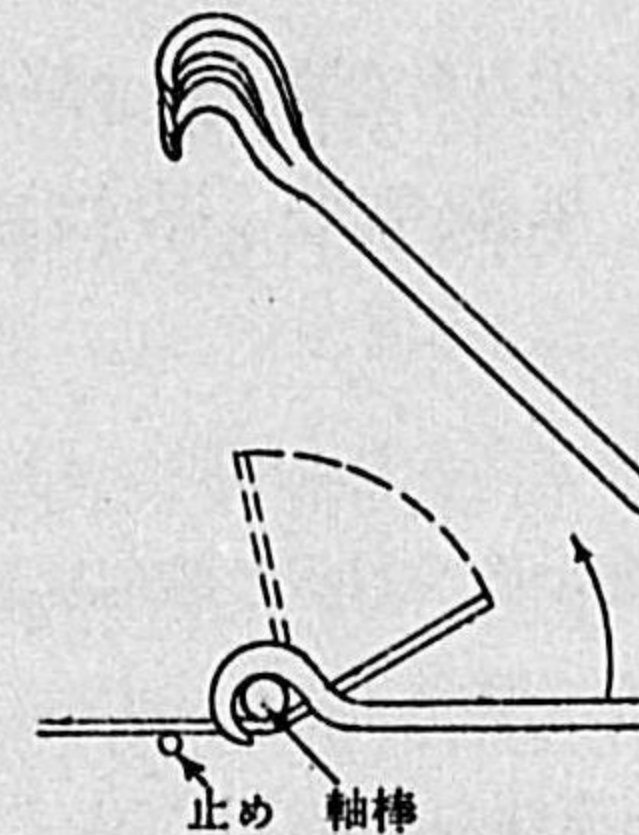
第9圖 鉄筋を曲げる工具



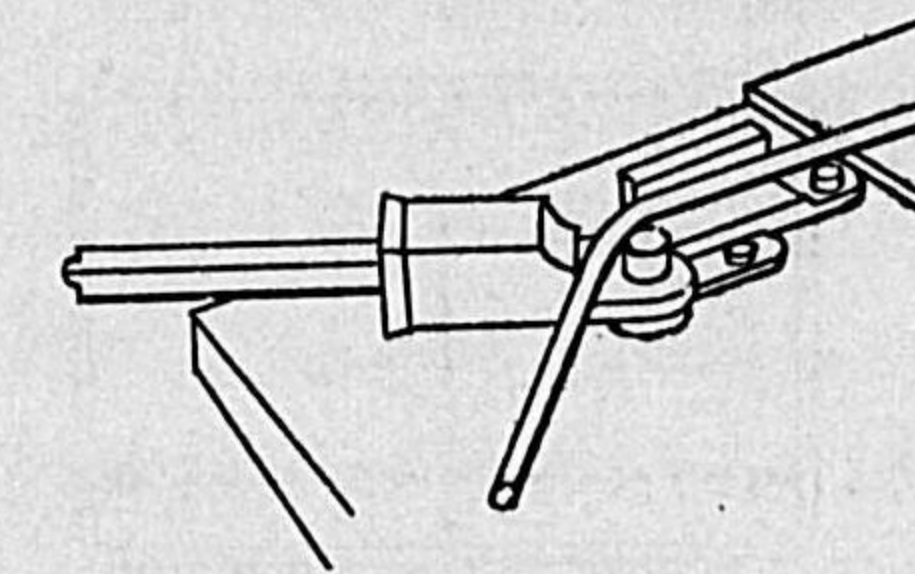
行になる迄曲げる。木板の上に、穴をあけた厚さ 1 cm 位の鉄板を重ね合せて置くと便利である。鉄筋端に鈎形を作る時、又は小徑の鉄筋などでは、鋼管を端にはめる代りに、第9圖に示した様な工具を用ゐることもある。此の工具は、鉄筋組立ての際に床版用の鉄筋などを曲げたりするにも用ゐられる。

第10圖はクローと其の使用法とを示す。

第10圖 クロー

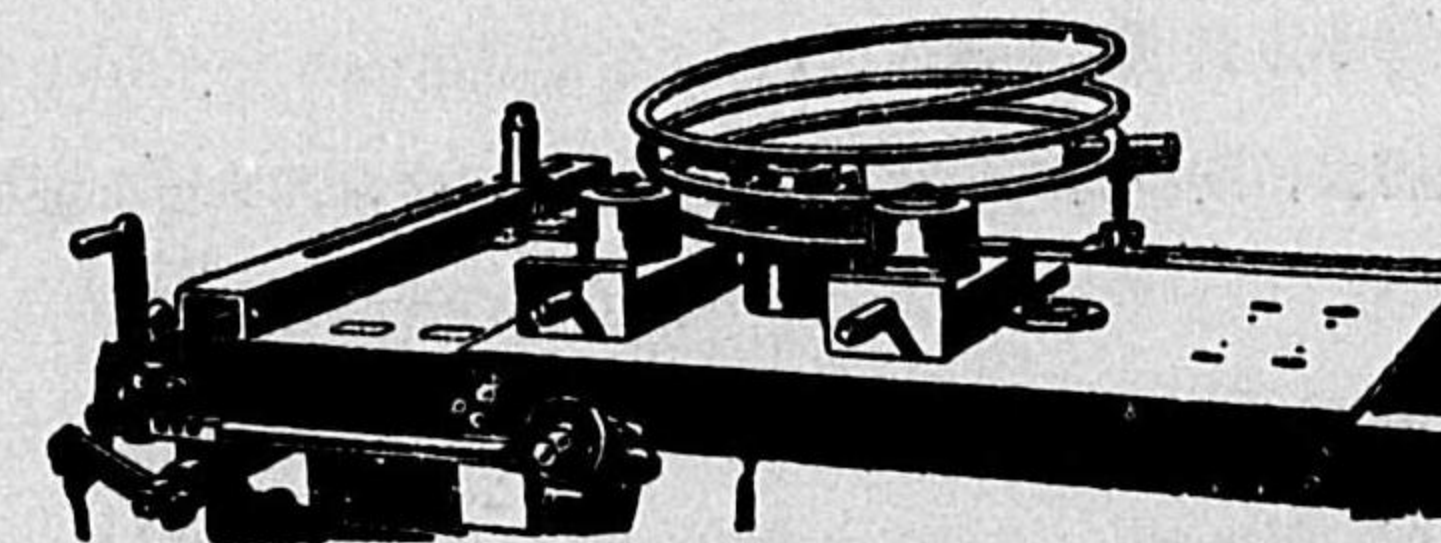


第11圖 鉄筋を曲げる機械



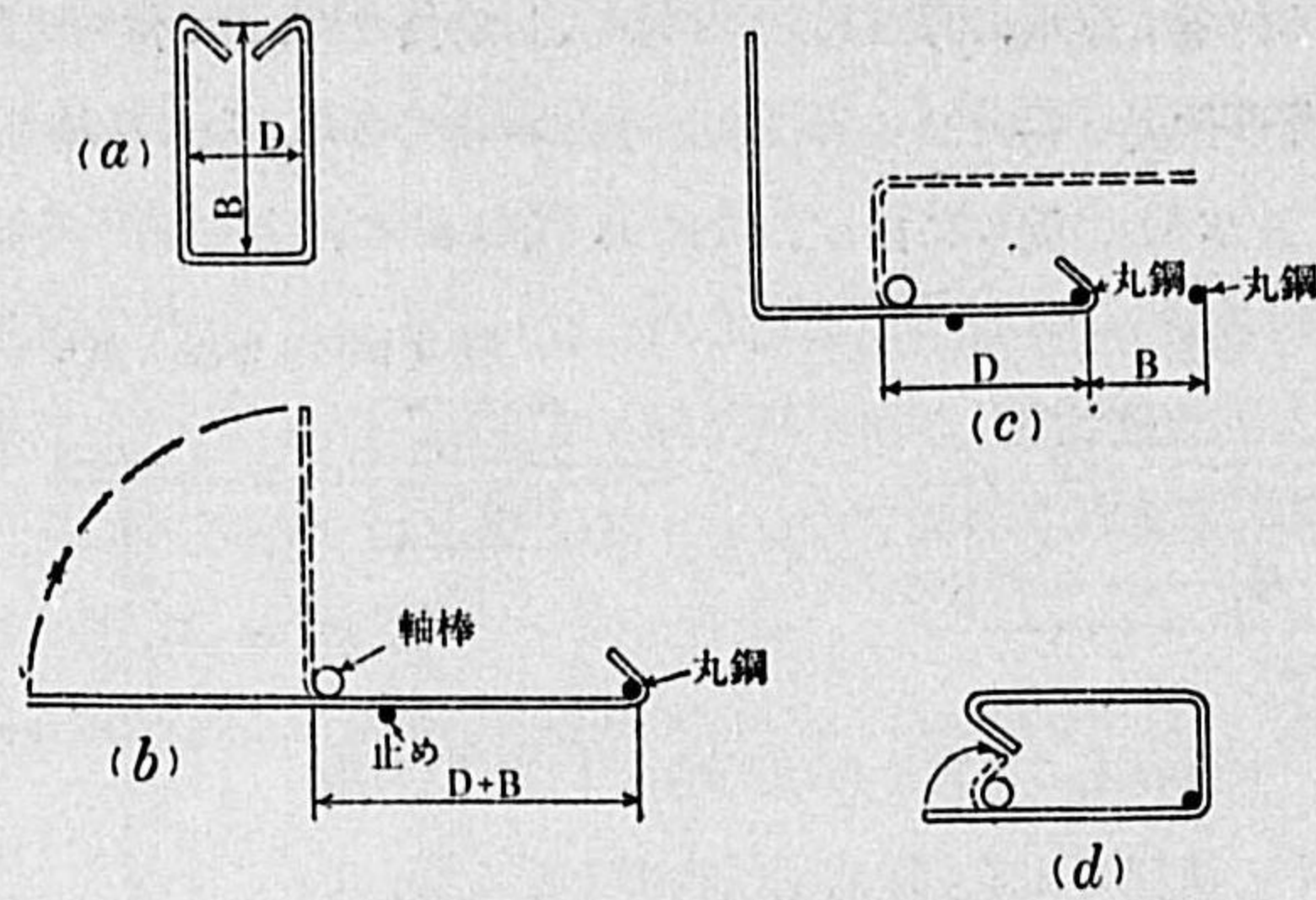
第11圖は鉄筋を曲げるに使用する簡単な機械の1例で、曲げる際に型は鉄筋と共に回轉して、鉄筋の曲點にあまり大きい應力度を生じない様にしたものである。

第12圖 螺旋鉄筋を作る器械



第 12 圖 は螺線鐵筋を作るために用ゐる器械の 1 例を示す。

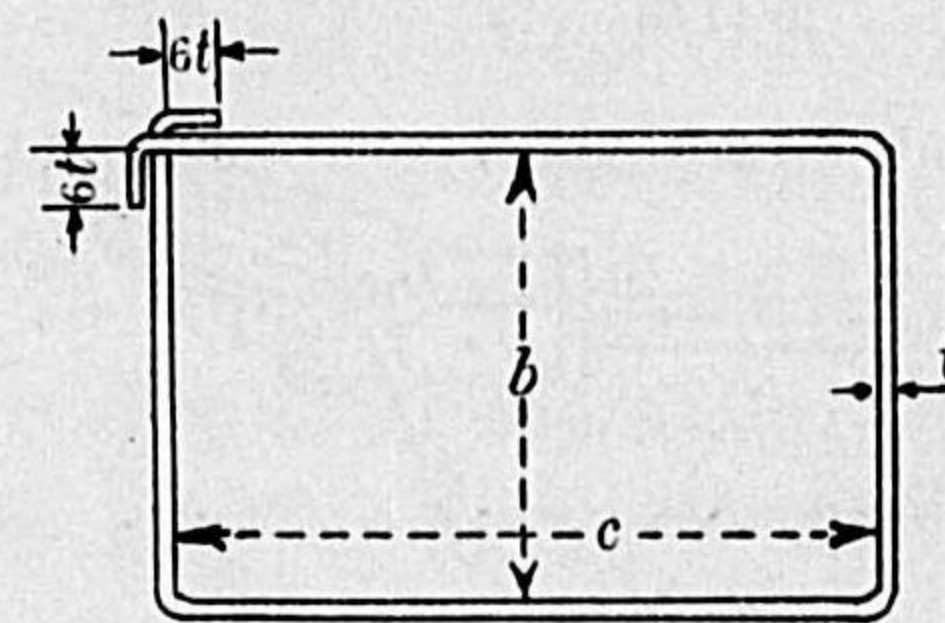
第 13 圖 U 形肋鐵筋の曲げ方



第 13 圖 は U 形肋鐵筋を作る順序を示す。先づ鐵筋の端に鈎を作り、(b)、(c)、(d) の順序に鐵筋を曲げる。

第 14 圖 は帯鐵筋の曲げ方を示す。

第 14 圖 帯鐵筋の曲げ方



鐵筋の全長は、正方形の時 $4b+17t$
 矩形の時 $2(b+c)+17t$
 である。

鐵筋の端は、一般に鈎形に曲げる。但し、特別の場合には、直線のままにしておくこともある。重要な引張鐵筋の端は、鐵筋直径の 1.5 倍以上、普通 2 倍以上の半径を有する型の周りに 180° 曲げ、猶ほ端に直線部を設けるがよい。重要でないものは、大凡 100 度位曲げたものを用ゐることもある。

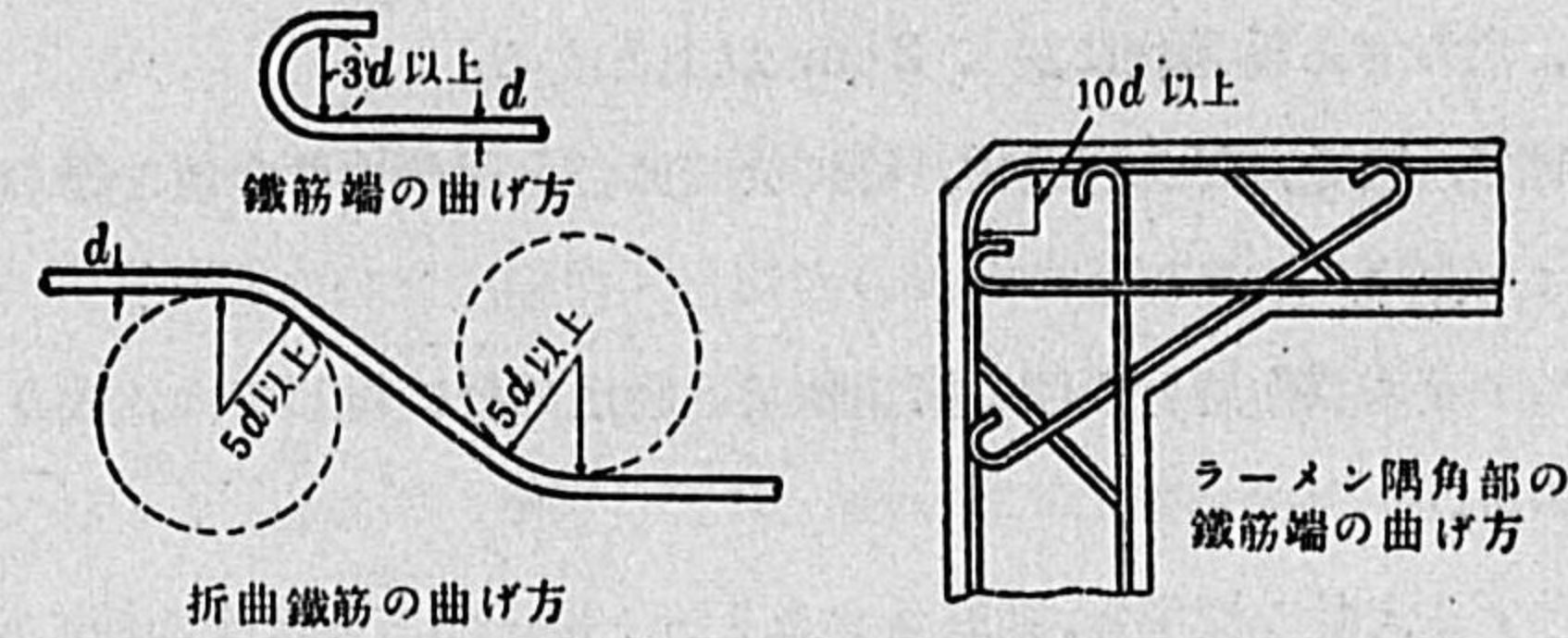
鐵筋コンクリート標準示方書 第 78 條には、

『(1) 一般に、引張鐵筋は、其の端に半圓形の鈎を附し、コンクリート壓縮部に於て礎着すべし。

(2) 鐵筋の曲げ方は第 46 條に依るべし (第 15 圖参照) 』

と規定してある。

第 15 圖



§ 20. 被 覆

鐵筋は、十分な附着強度の發揮、防錆及び火熱に對する保護、等の爲に、十分コンクリート中に埋込まなければならない。

鐵筋コンクリートの計算は、總て、鐵筋とコンクリートとが完全に附着すると言ふ假定に基くものであるから、此の假定が成立する爲に、鐵筋の周圍をコンクリートで十分包むことが是非必要である。此の目的に對して、鐵筋をコンクリートの表面から何程の深さに入ればよいかと言ふことの力學的理論は、まだ明かでない。然し、鐵筋の防錆、鐵筋の火熱に對する保護及びコンクリートの施工上、等から必要であるコンクリートの厚さ、即ち被りは、鐵筋の附着強度を發揮させるに十分であると、一般に、認められて居る。

(1) 施工上から必要な被り 之は、コンクリートが鐵筋と堰板との間に十分安全に行き互ると言ふ方から定まるもので、大體、鐵筋の直径又は粗骨材の最大寸法 (§ 70 参照) の 1.25 倍以上を標準とするのが適當である。

(2) 鐵筋防錆の爲に必要な被り 之は、構造物の種類、鐵筋コンクリート部材が風雨、煤煙、鹽分等の有害な影響を受けるか否か、部材が損傷又は磨耗を受けるか否か、部材の寸法及び其の重要な程度、使用するコンクリートの水密性及び表面仕上げ、設計の際にコンクリートの龜裂防止に就いて特に注意を拂つてあるか否か、及び施工の良否、等を考慮して、定められるものである。故に、一般的には、唯、大體の標準しか示すことが出来ない。

基礎版及び其の他重要な構造物部材に於て、コンクリートが直接地面に接して打たれる時は、被りを 7.5 cm 以上とするのが適當である。其の他の場合に於て、直接地面に接するか、又は烈しい氣象作用を受ける表面に於ては、被りを、鐵筋の直径が 16 mm 以上の時は 5 cm 以上、鐵筋の直径が 16 mm 以下の時は 3.8 cm 以上、氣象作用に曝される版の下面に於ては 2.5 cm 以上とするのが安全である。

柱、梁、等のコンクリート又はモルタル被覆工に於て、用心鐵筋として、鐵網、エッキス

パンデッドメタル等を使用する時は、水、地面又は氣象の作用を受ける構造物に對して被りを4cm以上、然らざる構造物に於て2cm以上とする。

大きな橋梁、閘門、堰堤、記念構造物、等に於ては、上記の被りの値を増加するのが適當である。

侵蝕性の液體又はガスの作用をうける構造物又は構造部材に對しては、被りについて特別な考慮が必要である。

普通の場合に對する大體の標準を、鐵筋コンクリート標準示方書は次の様に規定して居る。

『第57條 普通の場合

- (1) 主鐵筋の被りは其の直徑以上とすべし。
- (2) 被りは普通の場合表-5に依るものとす。

表-5

	版	梁	柱
一般の場合	1.0 cm 以上	1.5 cm 以上	2.0 cm 以上
寸法大にして重要な構造物若しくは風雨に曝されるもの	2.0 cm 以上	2.5 cm 以上	3.0 cm 以上
煤煙、乾濕、鹽分等の有害なる影響を受くる處れある部分を、有效なる被覆材料を用ひて特に保護せざる場合	3.0 cm 以上	3.5 cm 以上	4.0 cm 以上

(3) 床版上面若しくは柱等にて損傷及び磨耗の處れある部分は、其の寸法を應力計算上必要なものより1cm以上厚くすべし。

(4) 流水其の他に依り磨損の處れある部分は、被りを適當に増大すべし。』

此の規定は各國の標準示方書其の他を参照して定めたもので、規定された被りは、鐵筋コンクリート標準示方書に依つて設計施工する鐵筋コンクリートに對して、普通の場合、經驗上十分安全なものである。

海中の鐵筋コンクリート構造物に於ける鐵筋の保護として必要な被りに就いては、§ 361に述べてある。

耐火構造に於ける鐵筋の保護として必要な被りに就いては、§ 367に述べてある。

§ 21. 鐵筋の最小間隔

鐵筋の太さ及び相互の間隔は、設計の際に、鐵筋の所要斷面積に對して、(1) 鐵筋の取扱い及び組立てが便利であること、(2) コンクリートの粗骨材が自由に通過し得る様な間隔にすること、(3) 十分な附着強度を有する様な間隔にすること、(4) 折曲鐵筋として利用する

に便利であること、等を考慮して定められるものである。鐵筋の最小間隔の標準は次の如くである。

平行な鐵筋の最小水平純間隔は、丸鋼で其の直徑の1.5倍、角鋼で其の對角線の長さの1.5倍とする。但し、鐵筋重ね合せの箇所又は鐵筋を配合のよいモルタルで十分包む場合には、鐵筋直徑の1倍迄純間隔を縮小してよい。如何なる場合でも、純間隔は、粗骨材の最大寸法(§ 70參照)の1.25倍以下、梁に於て25mm以下、柱に於て38mm以下、としてはならない。

梁に於ける引張主鐵筋の最小水平純間隔に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書第80條(1)に次の規定がある。

『梁に於て平行なる引張主鐵筋相互間の水平純間隔は2.5cm以上にして、鐵筋直徑の1.5倍以上を標準とすべし。但し鐵筋重ね合せの箇所に於ては鐵筋直徑の1倍迄之を縮小することを得。』

梁の引張主鐵筋の鉛直方向に於ける純間隔は、水平方向の純間隔よりも幾分小さくして差支へないが、尠くとも1cm乃至1.5cmは必要で、2cm以上、又は、鐵筋直徑の1倍以上に採れば安全である。

已むを得ない事情で、鐵筋の間隔を以上に述べたものよりも小さくする時には、鐵筋を配合のよいモルタルで包むことが是非必要である。

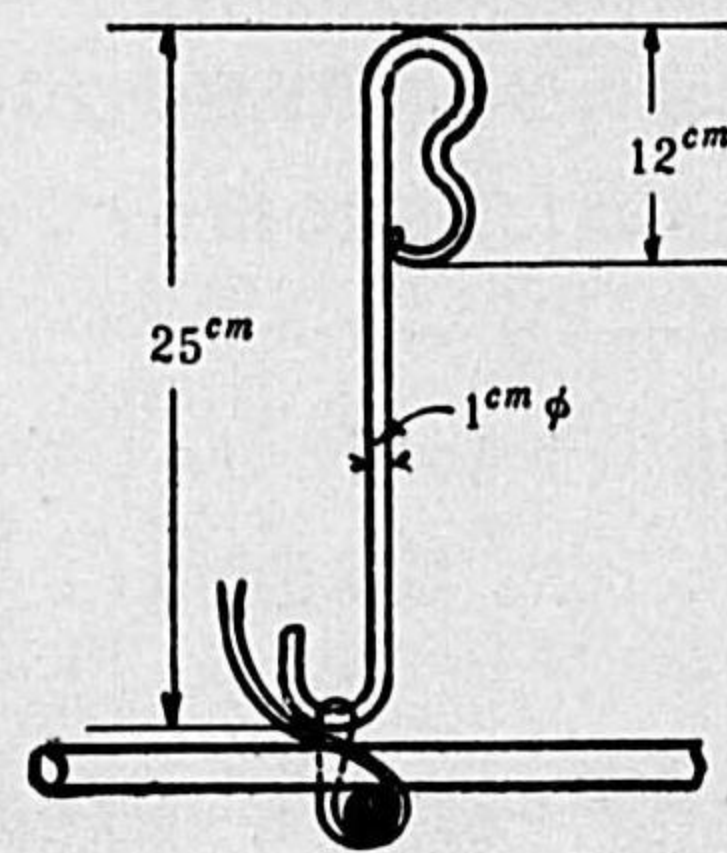
§ 22. 鐵筋の組立て

鐵筋を設計圖に示された通りの正しい位置に固定し、コンクリート打ちの際に少しも移動しない様にするには、鐵筋コンクリート施工上に於て極めて大切なことの一つである。之は、鐵筋の位置の少しの移動も、構造物の強度に大きい關係を有するからである。例へば、梁の強さは其の有効高さ(梁の壓縮側表面から引張鐵筋斷面の圖心迄の距離)の自乗に比例するから、有効高さ10cmの床版で、1cm丈け有効高さが減じたとすれば2割の強度を減じ、2cm減じたとすれば3割6分の強度を減することになる。逆に、鐵筋の位置が低くすぎれば被りが不足して鐵筋の防錆、防火に對して不安心になる。それで、必要に應じて組立用鐵筋(§ 11參照)を使用しなければならない。

組立用鐵筋は、鐵筋の位置を固定する爲に必要なばかりでなく、組立てを容易ならしめる點からも大切である。従つて、之は當然設計圖に示されて居る筈ではあるが、計算で求められる主鐵筋でない爲に、往々忘れられることがあるから、現場施工者としても、十分注意を要する。

鐵筋相互の位置を固定する爲には、鐵筋の交叉點を鐵線で結付けるのが普通である。之に用ゐる鐵線は直徑 0.9 mm 以上のものを使用する。なるべく太いものを用ゐるが良い。鐵線は之を燒鈍すと餘程軟くなるから、使用に便利である。鐵線を燒鈍すには、鐵線を適當な長さに切りて束にし、淡紅色になるまで燒いて徐々に冷却し、冷却したら之を板の上に數回敲きつけて燒錆を落せばよい。亞鉛メツキの鋼線を用ゐる場合もあるが餘りよくない。亞鉛メツキの鋼線は硬いから比較的のこ径のものを用ゐなければ仕事が困難であるし、のこ径のものを用ゐて十分に締付け様とすれば、切れる惧れがあるからである。

第16圖 鐵線緊定用工具



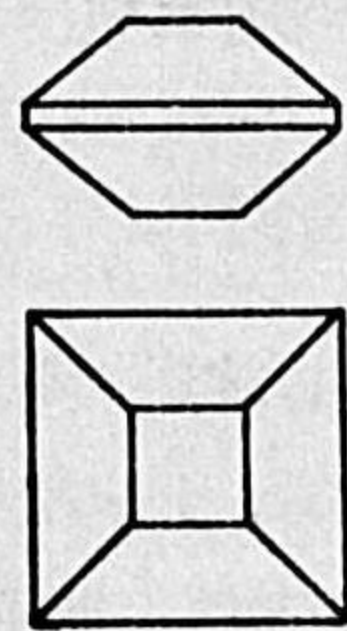
鐵筋の交叉點を締付けるには、鐵筋とコンクリートとの間の附着力を妨げないために、十文字にかけるよりも片方結びにする方がよい。之が爲にも比較的直徑の大きな軟い鐵線を用ゐることが必要なのである。鐵線を緊結するために用ゐる特別の工具も案出されて居るが、普通には第16圖の様な工具や、ペンチなどが用ゐられて居る。

鐵筋の交叉點を固定する爲に、種々の形の金物が考案されて居り、米國では大分用ゐられて居る。

鐵筋と堰板との間隔を保たさせるため、所要の大きさの砂利粒を、堰板と鐵筋との間に入れることがあるが、重要な工事に於ては之を禁じなければならない。砂利では鐵筋の位置を正確に保たせることが困難であるばかりでなく、梁の鐵筋など相當の重量がある時には、砂利が堰板にめり込むたり、扁平な砂利を用ゐれば砂利の下端によくモルタルが行き互らない爲に、堰板を取外した時、砂利がコンクリートの表面に顯はれたりするからである。

鐵筋と堰板との間隔を正確に保たせる爲には、コンクリート中のモルタルと同じ配合のモルタルで、鐵筋と堰板との所要の間隔に等しい厚さの、棒形、圓弧形、環形、等のモルタル塊を造つて、鐵筋を支へるのが適當である。

第17圖 鐵筋と堰板との間隔を保たせるに用ゐるモルタル塊

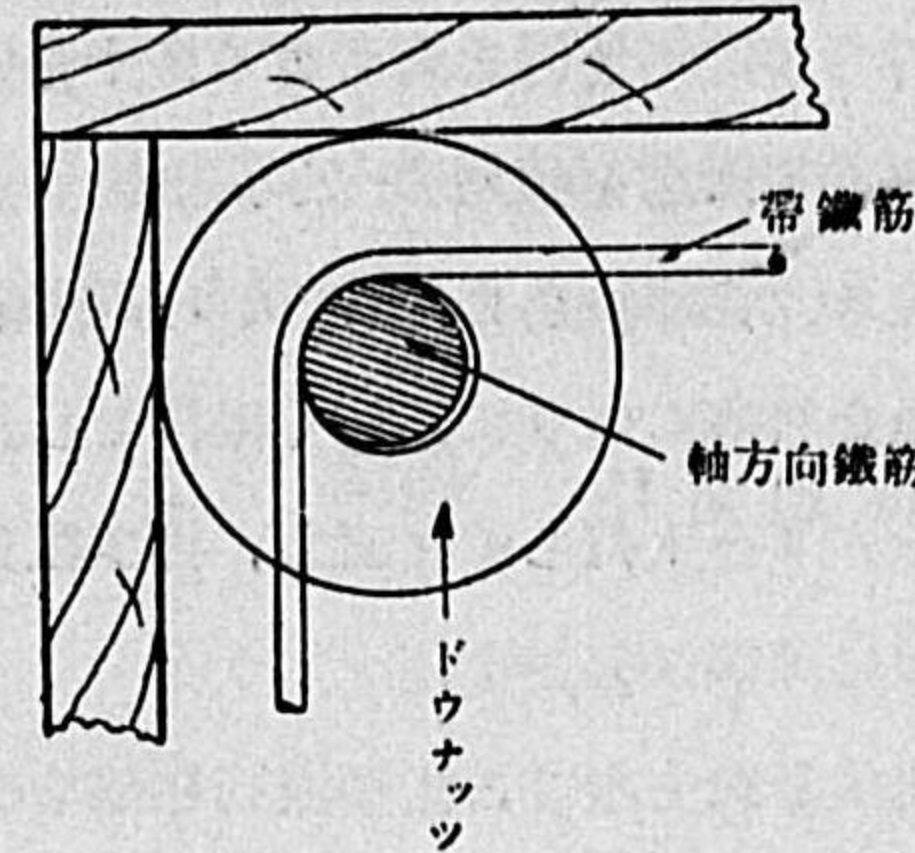


棒形のモルタル塊は、コンクリートが行き互ることの妨げとなるから、之の使用については注意を要する。

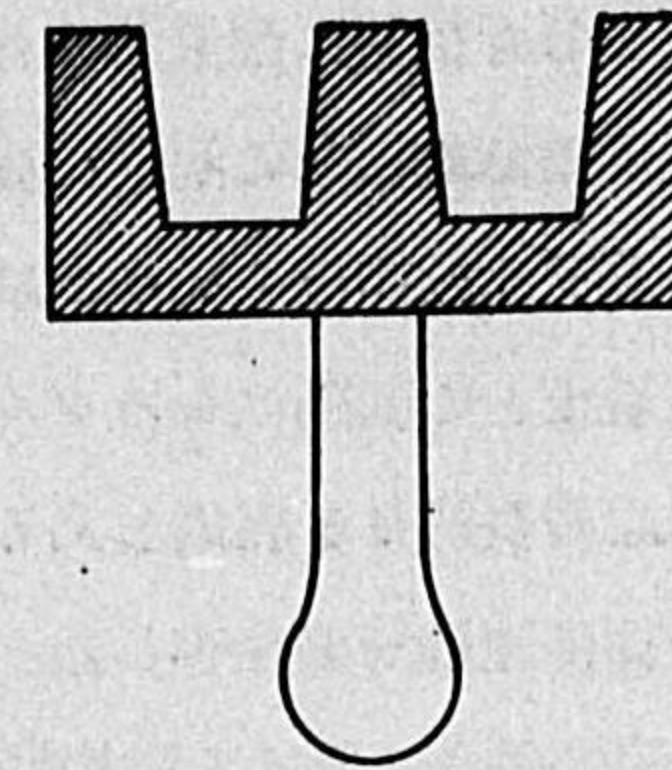
第17圖は、版又は梁などの鐵筋を支へる時に便利なモルタル塊を示す。

柱に於ては、軸方向鐵筋と堰板との間隔を保たせる爲に、4隅の軸方向鐵筋に數個の圓環モルタル塊（ドーナツと言ふ）を用ゐるのが便利である（第18圖参照）。ドーナツを造るには第19圖に示

第18圖 ドーナツ



第19圖 ドーナツの型

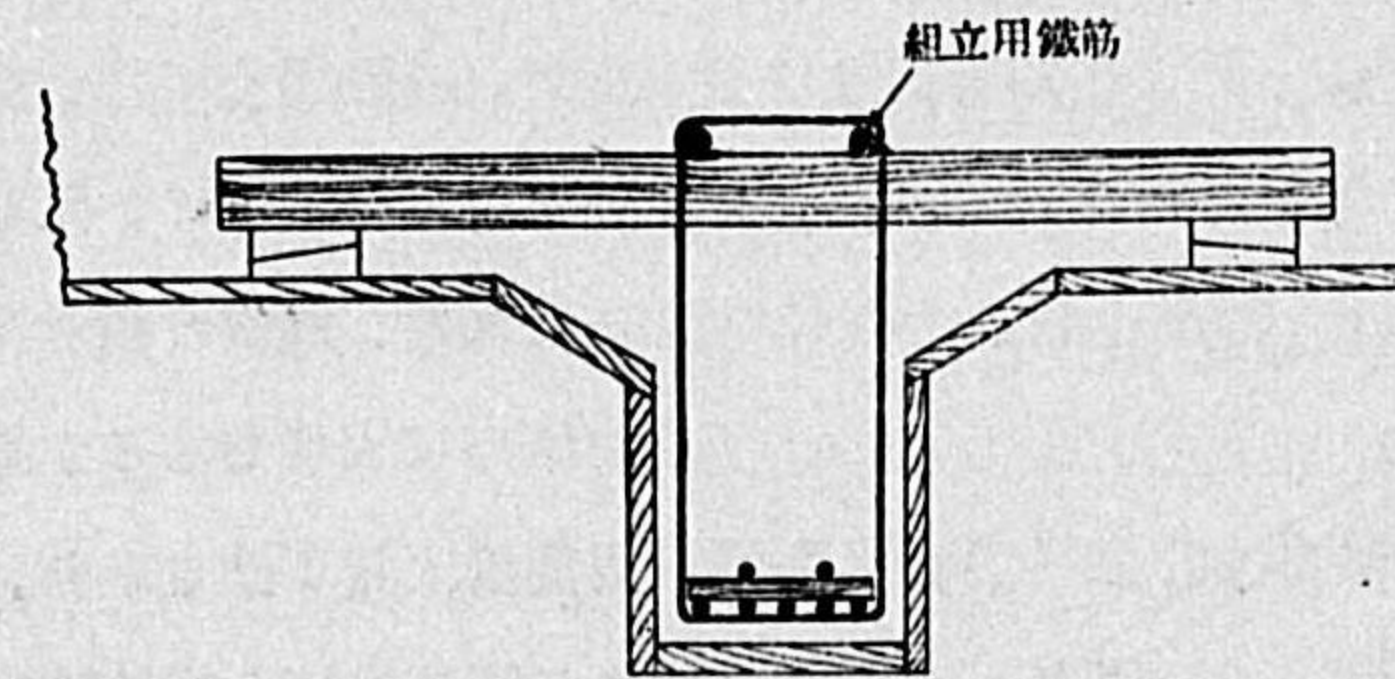


す様な型に硬練りモルタルを十分填充し、型をさかさにしてモルタルを板などの上にうつせばよい。女人夫1人で、1日に數百のドーナツを造ることが出来る。

鐵筋コンクリート桁橋の梁などに於ては、梁の引張側にモルタル塊が残るのは面白くないし、又、モルタル塊を用ゐると型枠の掃除及びコンクリートを行き互らせることの妨害にもなるから、此の場合には、第20圖に示す様に、版の型枠其の他で支へた棒などによつて、鐵筋を吊るのが適當である。

鐵筋と堰板との間隔を正しく保たせる爲に考案された種々の金物即ち鐵座があるが、我國では未だ餘り用ゐられて居ない。

第20圖 梁の鐵筋の吊り方



梁に於て水平鐵筋を2段以上用ゐる時、各層の間隔を保たせるには、層の純間隔に等しい直徑の丸鋼を心心 90 cm 以下の間隔に配置して、水平鐵筋と結びつけるのが便利である（第20圖参照）。断面正方形のモルタル棒を用ゐることもある。此の場合には棒軸に細い丸鋼を配置するがよい。

鐵筋コンクリート標準示方書は、鐵筋の組立てに就いて、次の様に規定して居る。

『第47條 鐵筋の組立

- (1) 鐵筋は組立てに先立ちて清掃し、浮錆其の他コンクリートとの附着力を減ずる虞れあ

るものは之を除去すべし。

(2) 鉄筋は正しき位置に配置し、コンクリート打ちの際に位置を變ぜざる様十分堅固に組立つべし。之がため必要ある場合には、適當なる組立用鉄筋を使用すべし。

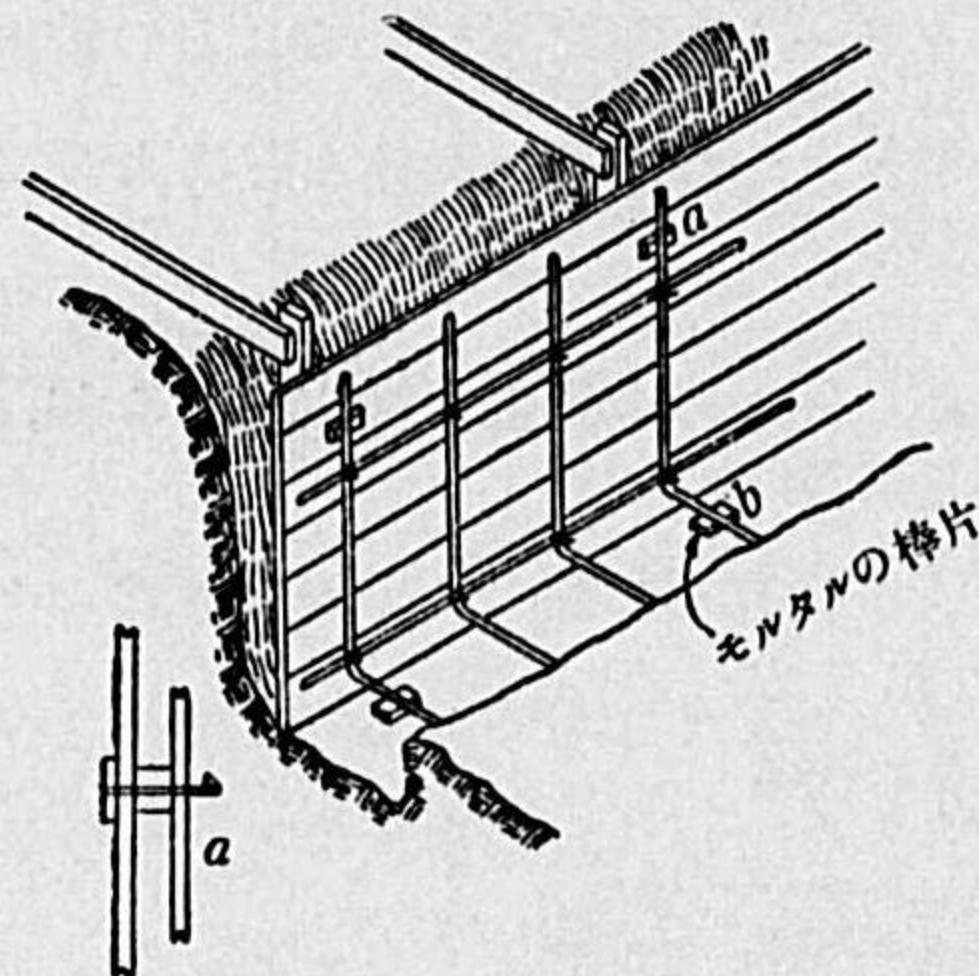
(3) 鉄筋の交叉點は直徑 0.9mm 以上の焼鈍鋼線又は適當のクリップに依りて緊結すべし。

(4) 鉄筋と堰板との間隔はモルタル塊、鐵座、吊金物等に依りて正しく保持せしむべし。

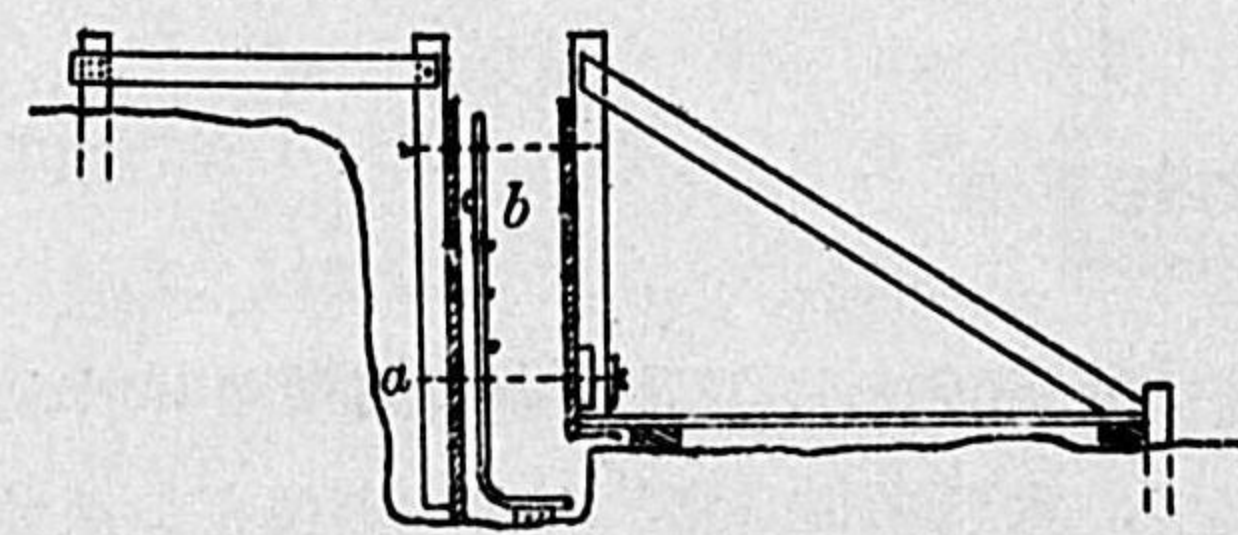
(5) 鉄筋組立後長時日を経過したる場合にはコンクリート打ちに先立ち、再び組立ての検査をなし、必要に應じ清掃すべし。』

第21圖は壁の場合に於ける鉄筋組立ての1例を示したもので、先づ鉄筋を締めつける側の型板を据ゑ、 a と示してある様に鉄筋とモルタル塊とを鐵線で締附ける。鉄筋の水平の部分は、 b と示してある様に、モルタル塊の上に載せればよい。若し壁の厚さが十分廣ければ、第22圖に示した様に、鉄筋を型枠の繫鐵線に結附けてもよい。此の時、 b なるモルタルの棒

第21圖 壁の鉄筋の組立て



第22圖 壁の鉄筋の組立て



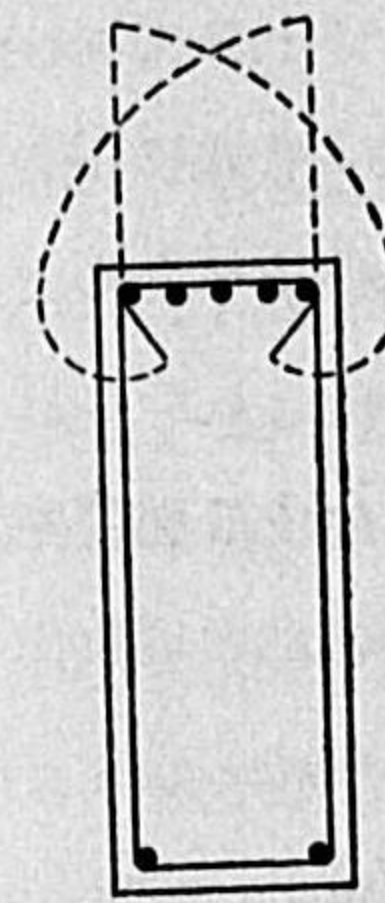
相俟つて、鉄筋の骨格を保たせなければならない。

鉄筋コンクリート標準示方書第80條(3)(§11参照)に規定してある様に、肋筋を引張鉄筋に圍繞させることは、肋筋の働き方から考へて當然のことであるが、片持梁又は連続梁の支承部などに於て、U形肋筋を使用する場合、負鉄筋に圍繞することをよく間違へるから、梁の鉄筋組立てに當り此の點は特に注意が必要である。此の場合には閉合肋筋を使用す

るべき鉄筋に結附けて、鉄筋と堰板とが正しい間隔を保つ様にする。第21圖の a の様に、後で手のとどかない所は、型枠を据ゑる前に、型に鐵線を通して置く必要がある。

柱、又は梁などの鉄筋は、事情が許せば、之を工場で組立ててから型枠内に入れるが良い。此の場合には、鉄筋が其の骨格を十分保持し得る様に、鉄筋の交叉點を緊結するは勿論、適當なる組立用鉄筋を用ゐることが極めて大切である。第1圖に示した組立用鉄筋は其1例であり、第2圖及び第3圖の中間帯鉄筋は鉄筋の骨格を保たせるにも有效なものである。又、梁の場合には、肋筋の一部に閉合肋筋を使用し、折曲鉄筋と

第23圖



るのが便利で、第23圖に示す様に、閉合肋筋を最初 U 形に作つておき、之に主鉄筋を入れてから、現場で閉合し、負鉄筋を之に緊結する。

版の負鉄筋は沈降し易いから、之を防ぐ爲に、相當なる組立用鉄筋を使用すると同時に、コンクリート打ちにも十分注意を要する。

§ 23. 引張鉄筋の継手

引張鉄筋の継手の位置及び継手を作る方法は、設計圖に明示してある筈であるが、現場の都合で、是等の變更を必要とする場合も尠くない。それで、以下に鉄筋の継手に就いて説明する。

引張鉄筋にはなるべく継手を作らない様に工夫しなければならない。已むを得ない場合と雖、例へば梁のスパンの中央附近の様に、鉄筋が大きい引張應力度を受ける個所は之を避けなければならない。又、継手を1断面に集中してはならない。継手を1断面に集中すれば、其の断面が弱くなるのみならず、重ね継手を用ゐる時には、鉄筋の間隔が甚だ小さくなつて、コンクリート打ちが非常に困難になる。故に、引張鉄筋の継手は、互にすまして、1箇所に継手が集らない様にしなければならない。之は、中々面倒なことであるけれども、引張鉄筋に継手を設ける以上、已むを得ないことである。

鉄筋コンクリート標準示方書は第48條(1)に、引張鉄筋の継手に關し、次の様に規定して居る。

『引張鉄筋にはなるべく継手を避くべし。已むを得ず継手を設くる場合には、相互にすらし、1断面に之を集中せしむべからず。應力大なる部分に於ては継手を設くべからず。』

継手を設けた箇所では、鉄筋の間隔を規定で許される最小間隔(§21参照)にするのが適當である。

引張鉄筋の継手を作る方法は、大體、重ね継手、套管を使用する継手、鍛接又は溶接継手及び其の他の特種の継手の4種に分けることが出来る。是等のうちで、どれを用ゐるかは、構造物及び部材の種類、鉄筋の太さ及び數、鉄筋配置の便否、安全及び經濟、等を考慮して、

決定しなければならない。

第24圖 鉄筋の重ね継手



(1) 引張鉄筋の重ね継手 最も多く用ゐられる鉄筋の継手は、重ね継手で、第24圖に示す様な種類がある。

(a) は鉄筋を單に l なる長さ

重ね合せたものである。

(b) は第3の鉄筋を使用したものである。

(c) は先端を半円形の鈎に曲げて重ね合せたもので、重ね継手のうちで最も普通に用いられる。鉄筋コンクリート標準示方書には、引張鉄筋の重ね継手は此の方法に依るべきことが規定してある。

引張鉄筋の重ね継手に於ける重ね合せの長さ l は、譬へ継手の點で鉄筋に生ずる引張應力度が許容應力度に達しない時でも、許容附着應力度によつて、鉄筋の許容引張應力度を出し得る丈けにするのが安全である。

第24圖 (a) 及び (b) の場合に於ける重ね合せの長さ l は次式で計算する。

$$l = \frac{\sigma_s}{4\tau_0} d \dots\dots\dots (A)$$

茲に、

l = 重ね合せの長さ (cm)

σ_s = 鉄筋の許容引張應力度 (kg/cm²)

τ_0 = 鉄筋とコンクリートとの許容附着應力度 (kg/cm²)

d = 鉄筋の直徑 (cm)

である。今、 $\sigma_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$, $\tau_0 = 5.5 \text{ kg/cm}^2$ とすれば、 $l \approx 55d$ 、即ち、鉄筋端を鈎形に曲げない時、重ね継手に於ては、鉄筋の直徑の55倍以上重ね合せることが必要である。

第24圖 (c) の場合、即ち先端を半円形の鈎に曲げて重ね継手を作る場合、重ね合せの長さ l は (a) 及び (b) の場合よりも小さくてよいことは明白であるが、鉄筋端に作る鈎の内側直徑及び重ね合せの長さを計算して出すことは、甚だ困難である。依つて、實際問題としては、實驗と經驗とから定められた所に據るより仕方がない。今日迄の實驗の結果及び經驗によると、先端に作る鈎の内側半徑を鉄筋の直徑の1.5倍以上とし、重ね合せの長さを鉄筋の直徑の30倍以上とすれば、普通十分安全である。

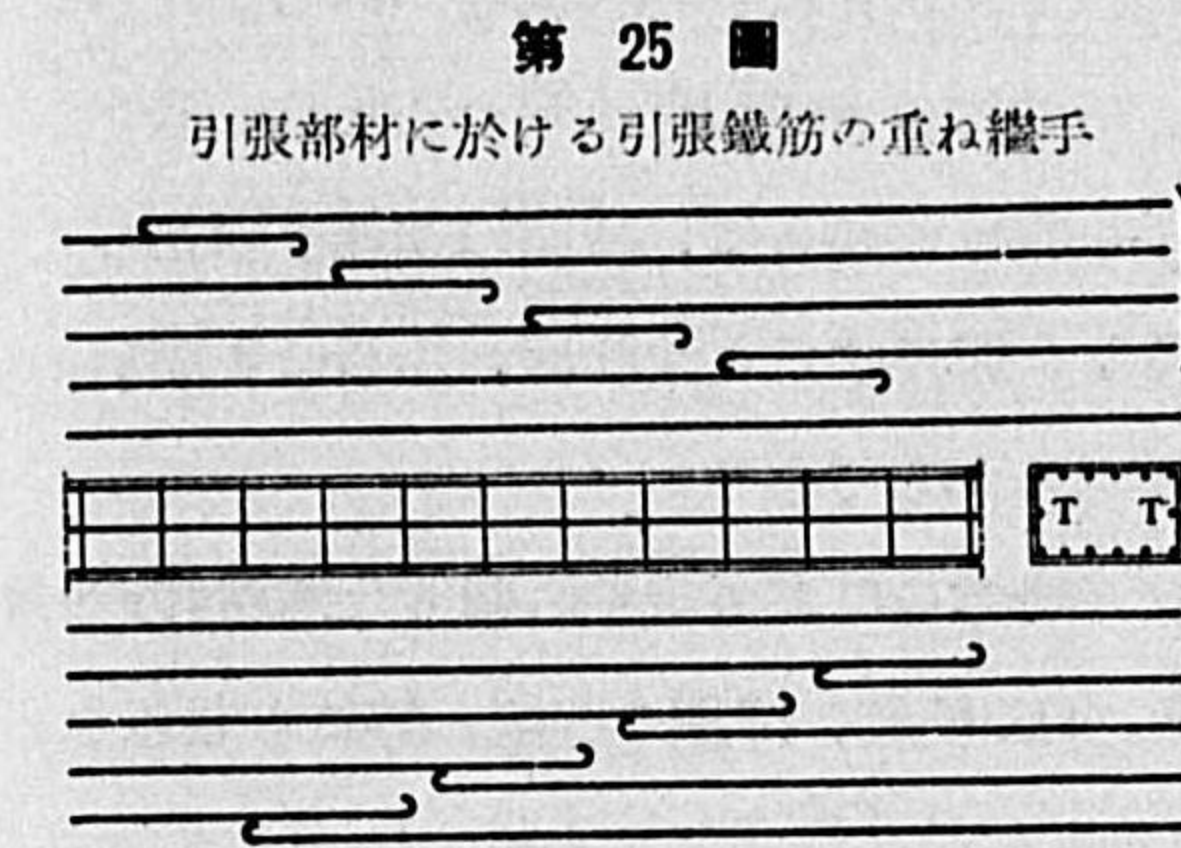
鉄筋を重ね合せた部分は、第24圖の様に、徑 0.9 mm 乃至 1.2 mm の太さの焼鈍鋼線で數箇所緊結する。鋼線は、餘り細いと縮附ける時に切れる惧れがあり、餘り太ければ、線が剛くて十分に縮まらない。鉄筋の太さに應じて、上記の範圍で適當なものを選ぶがよい。鋼線で緊結する目的は、鉄筋が相互に移動しない様に其の位置を保たせるにあるのであるから、十分しつかり捲き附ける必要はあるが、捲立ての長さは、なるべく短かい方がよい。鉄筋が引張力を受ける時に継手が離れ無いのは、決して此の鋼線の緊結に依るのではなく、鉄筋とコンクリートとの附着力に依るのであるから、捲立てを長くすると、鉄筋の周圍へモルタルがまわり悪くなり、継手の強さを減ずる。

鉄筋コンクリート標準示方書は、第48條(2)に、引張鉄筋の重ね継手に就いて、次の様に規定して居る。

『(2) 引張鉄筋の重ね継手に於ては鉄筋の先端を半円形の鈎に曲げ、鉄筋直徑の30倍以上重ね合せ、直徑 0.9 mm 以上の焼鈍鋼線にて數箇所緊結すべし。』

猶ほ、太い鉄筋の重ね継手に就いては、餘り實驗記録が無く、未だ其の効果が明かでないから、引張部材 (例へばハンガー、タイ、等)、梁、ラーメン、等に於て、直徑 20 mm 以上の引張鉄筋を用ゐる場合には、重ね継手を避けるのが安全である。但し、圓形水槽などに於ける引張鉄筋の場合には、継手を1断面に集中しなければ、直徑が 20 mm 以上の場合でも重ね継手を用ゐてよい。

第25圖は引張部材に於ける引張鉄筋の重ね継手の1例で、継手の配置及び用心鉄筋の用

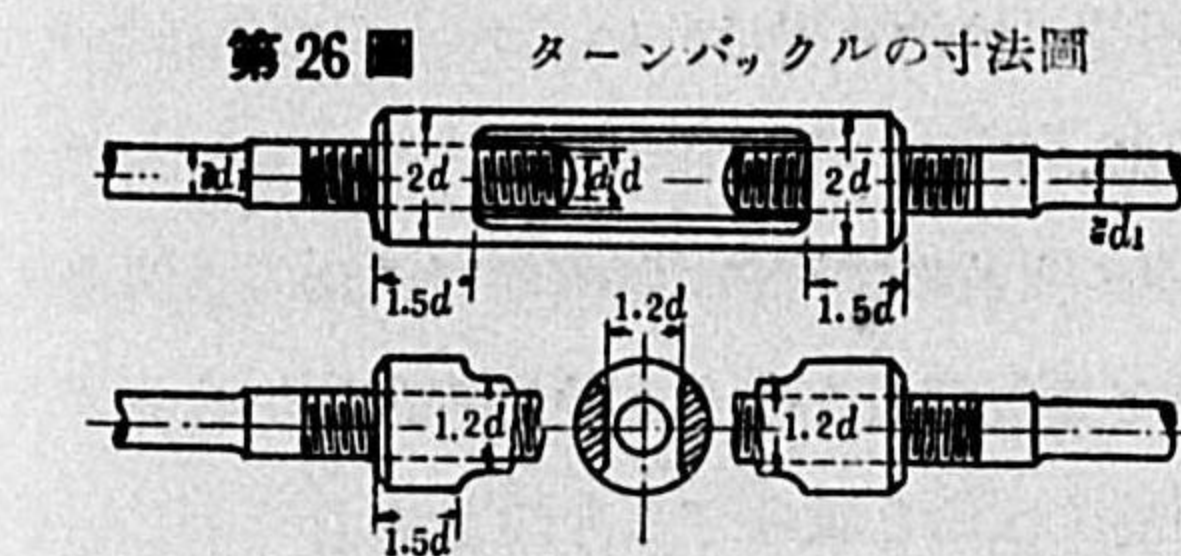


ひ方を示す。引張力を受ける爲に必要な鉄筋を、上下の層に配置し、重ね継手の位置を相互にずらして、1断面に1個以上の継手がない様にしてある。Tは安全の爲に添加する用心鉄筋で、之によつて、譬へ重ね継手が1箇所でも無効になつても、其の断面に於て必要な鉄筋斷面積を有する様にしてある。

重ね継手は簡單で、作業も容易であるけれども、直徑の大きい鉄筋では、前に述べた様な不安があるほかに、重ね合せの長さが餘り長くなつて、鉄筋の使用量も増加するから、他の継手方法に依る方が便利な場合が尠くない。

(2) 套管を用ゐる引張鉄筋の継手 鉄筋の端部にネジを切り、ターンバックル又はスリーブ ナットで引張鉄筋を繼合せる方法は、場合によつては、非常に便利である。

鉄筋にネジを切れれば、鉄筋の有効斷面積は、ネジの谷に於ける斷面積である。故に、鉄筋に於ける應力度が大いに減じて居る所に継手を設ける場合には、鉄筋に直接ネジを切つてよいけれども、然らざる場合には、鉄筋の全長に互つて材料が損になるから、鉄筋の端部を膨



徑し、ネジの谷に於ける直徑が、鉄筋の直徑よりも小さくならない様に、しなければならぬ。

第26圖はターンバックル各部の寸法の關係を示す。ネジの谷の徑、山の高さ、及び

ピッチは鐵筋の直徑に依つて定まる標準に従へばよい。

鐵筋の端部を膨徑する時、其の部の強度は、作業手の熟練及び作業設備の如何に大きい關係があるから、膨徑作業に就いては、周到的な注意を要する。

猶ほ、鍛工による膨徑作業は相當手間のかかるものであるけれども、銲接によつて膨徑したものを使用してはならない。

引張材に於て、鐵筋の数が少い時、例へば、軽いアーチの屋根の引張材其他の場合には、套管を使用する繼手が甚だ便利である。此の場合には、鐵筋に直接ネジを切つても、材料の無駄は比較的小さい。

圓形水槽などに於て、套管を用ゐる繼手を採用すれば、套管の旋廻によつて、豫め引張鐵筋に元引張應力を、コンクリートに元壓縮應力を起させておき、鐵筋の普通の許容引張應力を利用して、コンクリートに龜裂が生じない様な施工をなし得る利益がある。

然し、多數の鐵筋を使用する引張材に於ては、一般に、第24圖に示す様な重ね繼手を用ゐるのが便利である。それは、多數の鐵筋に繼手を設ける場合に、鐵筋の端部を膨徑しないでネジを切れば、材料の無駄が比較的大きくなるし、膨徑するとすれば、作業に手間がかかり、且つ作業が悪い爲に弱い繼手が出来る恐れがあるからである。

(3) 引張鐵筋の銲接繼手 銲接及び電気又は瓦斯銲接による繼手の強度は、装置の如何、作業手の熟練の程度、等に大きな關係があり、又、鋼の性質、棒鋼の直徑、等にも關係する。一般に、直徑の大きい鐵筋に於て效率が悪い。

種々の不安がある爲に、従來は鐵筋の鍛接又は銲接を一般に禁じたのであるが、現今は電気銲接が非常に進歩して、效率確實に100%以上の方法もあるから、之を適當に採用することは、鐵筋節約の上から言つても大切である。殊に壓縮鐵筋の繼手に於ては、之を使用するのが最も適當である場合もある(§24参照)。然し、引張鐵筋の銲接に就いては、まだ多少の不安がないでもないから、銲接繼手を用ゐる場合には、作業の監督を厳にし、試験片を取つて、效率を試験すること、及び、現場の事情に依り相當斷面積の附加鐵筋を用ゐることが、必要である。附加鐵筋の長さは、其の直徑の80倍以上とする。然れば、十分な附着強度があるから、作業の容易のため、及び、部材の引張側に鈎を有する引張鐵筋を配置して其の部分に龜裂の生ずる恐れのないために、附加鐵筋の両端には鈎を付けない。

鐵筋コンクリート標準示方書は、第48條(3)に、

『(3) 引張鐵筋に銲接に依る繼手を使用する場合には效率確實に100%以上なる方法を採用し、責任技術者が必要を認めたる場合は指示されたる斷面積を有する附加鐵筋を併用すべし。附加鐵筋の長さは其の直徑の80倍以上とし、両端には鈎を設けざるものとす。』

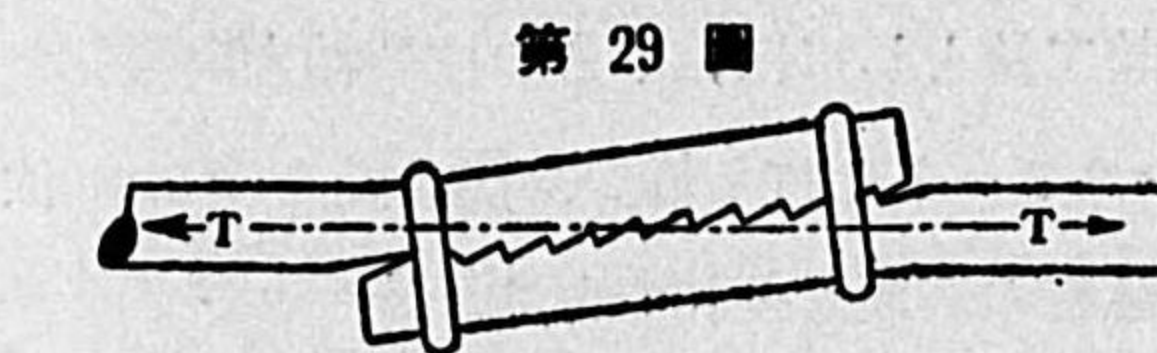
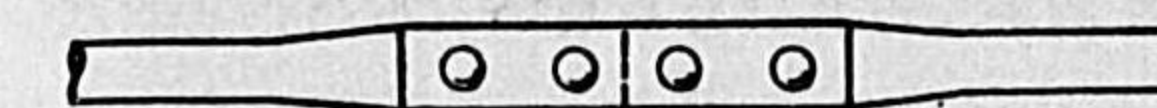
と規定して居る。此の規定の銲接は、主として電気銲接を目安として居るので、電気銲接による鐵筋の繼手に對し、十分安全な標準を示したものである。

日本で最長スパンの桁橋である、北海道の十勝大橋では、直徑44mmの引張主鐵筋の繼手に、矢筈鍛接を採用した(土木學會誌昭和14年、364参照)。

(4) 引張鐵筋の特種の繼手 引張鐵筋の繼手を作る方法としては、以上に述べた方法のほか、種々の方法が考案されて居るが、一般的になつて居るものはない。

第27圖乃至第29圖は引張鐵筋の特種な繼手を示す。

第27圖は東京市の鍛冶橋に用ゐられたものである(土木學會誌第一卷第參號参照)。之は、



引張鐵筋の特種の繼手

直徑1吋の鐵筋の先端を、有效長さ4吋、幅 $1\frac{1}{2}$ 吋、厚さ $\frac{3}{8}$ 吋の扁平形に作り、2枚の添板(長さ8吋、幅 $1\frac{1}{2}$ 吋、厚さ $\frac{3}{8}$ 吋)と4本の綴板とによつて、衝頭接合を作つたものである。

第29圖はLucan氏の考案で、鐵筋の端を少し曲げて之に齒をつけて重ね、環によつて締付けたものである。實驗の結果は非常によい成績を示して居る。

§24. 壓縮鐵筋の繼手

(1) 壓縮鐵筋の重ね繼手 壓縮鐵筋の場合にも、重ね繼手が最も普通に用ゐられる。重ね合せの長さは、引張鐵筋の場合よりも幾分少くてもよい。鐵筋端を半圓形の鈎に曲げる時、鐵筋直徑の20倍乃至30倍重ね合せればよい。

柱の軸方向鐵筋を柱の高さの中央部で繼ぐことは、之を避けなければならない。上部の柱の軸方向鐵筋と下部の柱の軸方向鐵筋とを繼ぐには、下部の柱の軸方向鐵筋を上部の柱の中に延ばして入れ、上部の柱の軸方向鐵筋と重ね合せればよい。

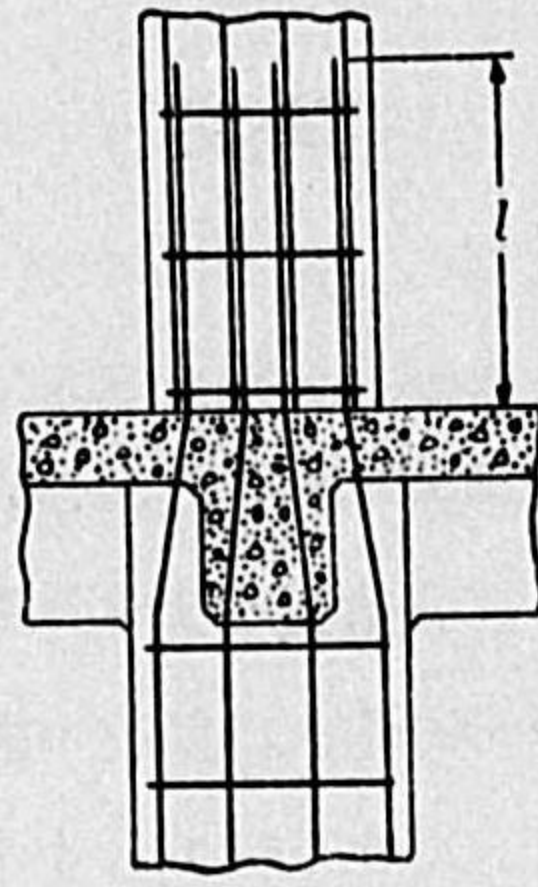
若し上部の柱の軸方向鐵筋の数が下部のものよりも小さい時には、上部の柱と同數丈の下部の柱の軸方向鐵筋を上部の柱に入れ、他は床版の上面で止めれば、幾分鐵筋の節約をすることが出来る。但し、此の際、鐵筋の誤用がない様、特に注意しなければならない。

上部の柱の軸方向鐵筋の数が下部の柱の軸方向鐵筋の數よりも大きい時には、下部の軸方向鐵筋を上部に挿入するほかに、更に數の差丈の鐵筋を上下の柱に附着強度に對して必要な長さ挿入する。

柱の斷面が其の上下で變つて居る時には、軸方向鐵筋は柱全長の間、同一勾配をつける。

第30圖

柱に於ける鐵筋の繼ぎ方



下部の柱の斷面が上部の柱の斷面よりも大きい時には、第30圖に示してある様に、軸方向鐵筋に折曲げを作る。此の時、勾配の部分は、柱が床版又は梁などで横方向に支持せられて居る間にある様にしなければならない。そうしないと、コンクリートに有害な影響を及ぼす恐れがある。又、軸方向鐵筋の勾配は、柱の軸に對して6分の1以上としないがよい。

重ね合せた鐵筋が同一直線上にある様にするため、下部の軸方向鐵筋に小さな折曲げを作る時にも、上記の方法に準すべきである。此の時、小徑の軸方向鐵筋であれば組立ての際現場で曲げてよいが、太いものは豫め曲げて置かなければならない。重ね合せの部分

を所々鐵線で縛ることは、引張鐵筋の場合と同様である。

(2) 壓縮鐵筋の衝き合せ繼ぎ手 壓縮鐵筋の直徑が約 24 mm 以上の時は、鐵筋の端を衝き合せて繼ぎ手を作ることがある。此の時は、鐵筋の端を、其の軸に垂直に且つ平らに切つておかなければならない。繼ぎ手には確かりはまる套管を用ゐて上下の鐵筋の位置を保たせる。套管としては、瓦斯管を切つたものでよい。

柱の軸方向鐵筋に衝き合せ繼ぎ手を用ゐる場合の施工法としては、下方の柱の軸方向鐵筋を床版の上面から 10cm 位出しておき、床版のコンクリートを打ち終つた後、長さ 20cm 位の套管をはめ、之に上方の柱の軸方向鐵筋を挿し込むのが最も便利である。

衝き合せ繼ぎ手を用ゐる場合、鐵筋に引張應力の働くことを豫想し得る場合は、附加鐵筋を重ね合せて、繼ぎ手を補強する必要がある。

(3) 壓縮鐵筋の銲接繼ぎ手 壓縮鐵筋の銲接繼ぎ手は、柱の軸方向鐵筋、アーチの壓縮鐵筋など、重要な壓縮鐵筋の繼ぎ手に漸次多く用ゐられる様になつて居る。銲接繼ぎ手は作業が簡單に出来る様になりさへすれば、壓縮鐵筋の繼ぎ手として理想的のものである。1932年の獨逸の鐵筋コンクリート標準示方書には、柱の軸方向鐵筋の繼ぎ手は銲接繼ぎ手によるべきことが規定してある。

§ 25. 鐵筋將來の繼ぎ手

將來擴張の時に繼ぎ手を設ける目的で、鐵筋を露出させておく場合には、鐵筋が腐蝕しない様に、セメント糊を塗るか、コールタール又はアスファルトを侵した布で包むか、等、適當な手段によつて鐵筋を保護しなければならない。此の點に就いて、鐵筋コンクリート標準示方

書は第48條(4)に、次の様に規定して居る。

『將來繼足しのため鐵筋を露出し置く場合には、之が腐蝕せざる様保護すべし。』

第3章 セメント及びセメント混和材

第1節 總説

§ 26. セメントの種類

セメントの種類は澤山あるが、現今コンクリート及び鉄筋コンクリートに使用されて居るセメントの主なものは、

- (1) ポルトランド セメント (普通ポルトランド セメント及び早強ポルトランド セメント)
- (2) 混合セメント (高爐セメント、珪酸質混合セメント、ソリヂテツト)
- (3) アルミナ セメント

等である。是等のうちで、普通ポルトランド セメントが最も廣く用ゐられて居つて、單にセメントと言へば、普通ポルトランド セメントのことである。本書でも、以下單にセメントと言ふのは普通ポルトランド セメントのことである。

各種のセメントは、其の成分及び性質が異なるから、夫等を使用するコンクリートの性質も亦、多少異つて居るが、施工に就いては、大いした差がない。本書では、主として、ポルトランド セメントを使用するコンクリートの施工に就いて述べる。

鉄筋コンクリート標準示方書は、第7條に、セメントは日本標準規格に合したるものたるべきことを、規定して居る。セメントの規格は、§ 414 に掲げてある。

§ 27. セメントの水和

各種のセメントに軟かいセメント糊を造るに十分な丈の水を加へて混合しておく、時間の経つに従つて、セメント糊は漸次固まり、遂に非常に硬くなる。之はセメントと水との化合に因るもので、之をセメントの水和と言ふ。

セメントと水とを混合して出来るセメント糊が固まつて、或る一定の壓縮力に耐へ得る丈に硬くなつた時、セメントは凝結したと言ふ。セメントが凝結する迄の時間は、之を試験する時に加へられる壓縮力の大きさによつて、便宜上、**凝結始め**と**凝結終り**とに區別される (§ 34 参照)。セメントの品質によつて、凝結に緩急がある。水を混和して後1時間以上経つてから凝結を始めるものを**緩結性セメント**と言ひ、1時間以内で凝結を始めるものを**急結性**

セメントと言ふ。

セメントは其の凝結を終つて後も、水分があれば、其の水和作用を長年月繼續するものである。之をセメントの**硬化**と言ふ。

セメントの凝結は餘り早くないこと、又、餘り遅くないことを要する。餘り早く凝結すれば、コンクリートが固まる前に、之を運搬し、打込むに十分な時間がない。餘り遅ければ、工事の進捗上不便である。

普通工事に使用されるセメントは緩結性で、年月を経るに従つて次第に強度を増すものである。急結性のものは注水後約5分間位で凝結を始めるものがある。急結性のものは短時間で比較的高度の硬化をなし、其の強度が大きいけれど、其の後になりて強度を増加することが小さい。急結性のセメントを使用してコンクリートを造つた場合には、之に長時日十分水を加へて養生することが特に大切である。

早強セメントは急硬性で、硬化作用が著しく、短時日に大きな強度を出すけれども、凝結は普通のセメントと同様に緩結性である。急結性と急硬性とを混同してはならない。

ポルトランド セメント及び其の他のセメントは、水中で凝結硬化する性質がある。之をセメントの**水硬性**と言ふ。

セメントを空中に曝露して置くと、空中の水分及び炭酸ガスを吸収して其の容積を増し、従つて單位容積の重量が減する。此の作用をセメントの**風化**と言ふ。セメントの風化久しきに互ると、凝結時間に變化を生ずるばかりでなく、強度も減する。

第2節 ポルトランド セメント

§ 28. 種 別

ポルトランド セメントは Joseph Aspdin の發明 (1824年) で、同氏の造つたセメントが固まつた時、英國産のポルトランド石に似て居つたので、此の名がつけられたと言ふことである。

日本臨時標準規格第149號には、ポルトランド セメントの種別を、普通ポルトランド セメントと早強ポルトランド セメントとの2種にして居る。單にポルトランド セメントと言へば、普通ポルトランド セメントのことである。

早強ポルトランド セメントは、成分に於て、普通ポルトランド セメントと殆ど異なる所がないが、硬化が速かた、規格第十條第2表 (§ 414 参照) に示してある様に、3日乃至28日に於ける強度が大きいものである。之が早強セメントと言ふ名のつけられた所以である。

浅野セメント株式会社で製造するベロセメントは早強ポルトランドセメントである。ポルトランドセメントが他のセメント類と異なる特徴は、比重の高いこと、及び石灰含有量が高いに拘はらず品質が安定で強度の大きいこと、等である。尚ほ、堰堤工事などには、発熱量の少い低熱型ポルトランドセメントが使用されて居る。近來コンクリートの用途に應じ、其の目的に最も適合するセメントが製造される傾向にある。

§ 29. 製 造

臨時日本標準規格第 149 號は、

『第三章 製造法』

第三條 普通「ポルトランドセメント」及早強「ポルトランドセメント」ハ主成分トシテ「シリカ」、「アルミナ」、酸化鐵及石灰ヲ含有スル原料ヲ適當ノ割合ニテ十分ニ混和シ之ヲ殆ド熔融セムトスル迄灼熱シタル後粉碎シテ粉末ト爲シタルモノトス
「ポルトランドセメント」ニハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 3% 以下ノ石膏ヲ混和スルハ此ノ限ニ在ラズ』

と規定して居る。よつて、ポルトランドセメントの製造には、主成分としてシリカ、アルミナ、酸化鐵及び石灰を含有する原料を適當の割合を定めて十分親密に混和すること、次に之を殆ど熔融せんとする迄灼熱して各成分を化合せしめること、次に之を粉碎して微粉末となすこと、を必要條件とし、且つ原料灼熱後に於ては 3% 以下の石膏を混和するほか、一切他物の混和を許さないものである。

上述の條件に適合するものはポルトランドセメントであつて、其の原料の種類、各成分の量比等は限定されて居ないが、安定で、強度の大きいセメントを得る爲に、其の成分は、自然極限されるのである (§ 30 参照)。

ポルトランドセメントの原料として、我國では石灰石と粘土とが最も多く用ゐられて居る。セメントを焼く時に、原料の熔融點を低下させること及び其の他の目的で、粘土に少量の鐵を混入するのが普通である。鐵の原料としては鐵滓、銅滓などが用ゐられる。原料配合の割合は原料の成分によつて一定しないが、大凡、重量比で石灰石 4、粘土 1 である。是等を混合する方法に乾式及び濕式がある。

乾式は各原料を乾燥状態の儘、混和する方法である。

濕式は各原料を調合した後水と共に粉碎機中に送り、粉碎してスラリーとなし、タンクに入れ、更に調整タンクで成分を調整すると共に均齊ならしめる方法である。猶ほ熱經濟の目

的から、スラリーフィルターを設置して水分の一部を除去し、スラリーケーキとして窯に送入する方法も一部採用されて居る。

乾式法に較べて濕式法の長所とする點は、粘土を乾燥する必要のないこと、粉碎の能率が良いこと、成分の調整並に混合の目的を達するに便利なこと、等である。濕式法の短所とする主要點は、焼成に多量の燃料を要すること、焼出量の少いこと、等である。

いづれにしても、親密に混和した材料を回轉窯の上端から入れ、窯の回轉につれて降下せしめる。窯の下端から粉末石灰と空氣とを送風機で送つて、大凡、1400°C 乃至 1600°C に熱すれば原料は殆ど熔融の状態になり、塊塊となつて下口から出る。是を冷却機に送つて冷却する。良く焼けた塊塊は帶緑黑色の堅硬質のもので、良き艶を有し、輝光を發する斑點が見える。次に凝結作用を調整するために塊塊に少許の石膏を混入し、粉碎機によつて要する粉末度を得る迄粉碎すれば、ポルトランドセメントができる。

早強ポルトランドセメントの製造に於ては、原料を精選すること、原料の配合を正確にすること、焼成の溫度を高めること、粉末度を高めること、等、凡ての製造過程に於て、普通ポルトランドセメントの場合よりも、細心の注意が拂はれる。

斯くして出來たセメントは之を樽、又は紙袋に詰めるか、或は其の儘貨車積にして送り出す。樽詰には正味 170 kg、袋詰には正味 50 kg のセメントが入れてある。

特に白色のモルタル又はコンクリートを造る目的に對するセメントとして、**白色ポルトランドセメント**がある。セメント特有の灰黑色は主として酸化鐵によるものであるから、白色ポルトランドセメントの製造には、特に酸化鐵の含有量を少くするため粘土の代りに陶土を用ひ、燃料として石灰の代りに重油などを用ひ、粉碎にはフリント球を用ゐる。我國では小野田ポルトランドセメント製造株式會社が之を製造販賣して居る。

§ 30. 化 學 成 分

ポルトランドセメントの化學分析の結果は、各種元素の酸化物で示される。セメントの

第 3 表

ポルトランドセメントの化學成分

酸 化 物	重 量 百 分 率	
	平 均	純 圍
酸 化 石 灰 (CaO)	63	62—66
珪 酸 (SiO ₂)	22	20—26
礬 土 (Al ₂ O ₃)	6	4—7
酸 化 鐵 (Fe ₂ O ₃)	3	2—5
酸 化 マ グ ネ シ ム (MgO)	2	1—3
無 水 硫 酸 (SO ₃)	2	1—2

化学成分は、各製造会社の製品によつて多少異なるが、大體第3表の如くである。

是等の酸化物は、セメント中に於て種々な化合物の形で存在する。主な化合物は次の4つであるとされて居る。

- (1) 珪酸3石灰 (3CaOSiO_2)
- (2) 珪酸2石灰 (2CaOSiO_2)
- (3) 礬土酸3石灰 ($3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$)
- (4) 礬土酸鐵酸4石灰 ($4\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$)

セメントに於ける上記の化合物の量は、窯の温度其の他によつて異なるが、焼塊が出来る時の化学反応が平衡に達して居り、又、焼塊が出来た後、冷却其の他によつて、是等の化合物に變化が起らないと假定すれば、セメントの分析によつて求められる酸化物の割合から容易に計算することが出来るものである。猶ほ、是等の化合物のほか、遊離石灰、酸化マグネシウム、石膏及び灼熱減量としてあらはれる他の化合物の少量が含まれる。

一般に、原料に於ける石灰の量が少し増加すると、珪酸3石灰の百分率が増加し、珪酸2石灰の百分率が減する。鐵の量が増加すると、礬土酸鐵酸4石灰が多くなり、礬土酸3石灰の百分率が減する。

市販のセメントに於て、セメントの分析の結果から普通に計算される丈、主要化合物が存在するかに就いては疑問があるけれども、上記の4つの化合物の百分率は、セメントの性質を判断するに、大いに助けとなるものである。ポルトランドセメントに於ける是等の4つの主要化合物の百分率は、大體第4表の如くである。

第4表

ポルトランドセメントの主要化合物の百分率

種別	主要化合物の重量百分率				
	珪酸3石灰	珪酸2石灰	礬土酸3石灰	礬土酸鐵酸4石灰	
早強セメント	平均	56	15	12	8
	範圍	34~70	0~38	7~17	6~10
普通セメント	平均	43	31	12	8
	範圍	29~54	22~43	9~14	6~10
中庸熱セメント	平均	42	30	6	14
	範圍	29~50	22~45	3~9	10~18
低熱セメント	平均	20	52	6	14
	範圍	10~33	40~60	3~8	6~18

§ 31. ポルトランドセメントに於ける主要化合物がセメントの性質に及ぼす影響

ポルトランドセメントに於ける主要化合物の主なる特性は第5表の如くである。

第5表

ポルトランドセメントに於ける主要化合物の特性

	各化合物の性質の相互關係			
	珪酸3石灰	珪酸2石灰	礬土酸3石灰	礬土酸鐵酸4石灰
水和の速度	中庸	遅	速	遅
單位重量の化合物の發熱量	中庸	小	大	小
單位重量の化合物の膠結作用	早期	良	貧	貧
	長期	良	良	貧

第5表に示した各化合物の性質から考へて、是等の比率を變化して、セメントの性質を左右し得ることが判かる。例へば、コンクリート堰堤に使用するための發熱量の少いセメントを造るには、珪酸2石灰の量を比較的大きくし、珪酸3石灰及び礬土酸3石灰の量を少くすべきであることが判かる。

一般に、珪酸3石灰の百分率が高いポルトランドセメントは、早期強度が大きい。但し、十分水分を與へて養生しても、約6ヶ月後に於ては、珪酸2石灰の百分率の高いものよりも強度が小さい。

第4表から判かる様に、珪酸3石灰と珪酸2石灰との百分率の和はほぼ一定で、70%乃至75%である。各製造工場の製品についても、珪酸石灰の百分率には大差ない。但し珪酸石灰の百分率が增加すると凡ての材齡に於て強度が増加する。

礬土酸3石灰は、セメントに水を加へてから、1日の間にセメントが出す強度に貢献し、4つの主要化合物のうちで、最も早く水和するものであるが、是等のうちで最も望ましくない化合物である。一般に、礬土酸3石灰が少いセメントは、發熱量が少く、之れが多いセメントよりも耐久性が大きい。

§ 32. 色、比重、及び單位容積の重量

(1) 色 セメントの色は原料、焼成度、等により多少の差があるが、帯緑灰白色のものが多。同一工場の製品の色が變つて居る場合には、セメントの試験を特に嚴重にする必要

がある。

(2) **比重** ポルトランド セメントの比重は、各種セメントのうち最高で、之が此のセメントの特徴である。我國で製造されるポルトランド セメントの比重は、3.15 位である。セメントが生焼の時、不純物を含む時、或は風化した時は、比重が小さい。然し、比重の大きいセメントが必ず良好であると言ふ譯ではない。粉末度の高いセメントは幾分比重が小さいけれども、其の強度は大きい。

(3) **単位容積の重量** セメントの単位容積の重量は灼熱の溫度、粉末度、風化の程度、等によつても異なるが、其の測定法によつても大差を生ずる。普通、弛く測れば 1m^3 につき 1250 kg 乃至 1300 kg 位であるが、十分に搗り込めば 2000 kg 位にも達する。

コンクリートの施工上セメントの単位容積の重量を定める必要のあるのは、コンクリートの配合を容積比で表はす時 (§ 99 参照)、使用すべきセメント容積を重量に換算する時、等である。之が爲には、セメントの単位容積の重量は、或る程度迄、從來の習慣に従つて便宜的に之を定めて差支へない。それで、外國の標準示方書其の他に於てセメントの単位容積の重量を規定するものを見ると、 1m^3 の重量を最低 1200 kg、最高 1500 kg として居る。我國では、土木學會及び建築學會の標準示方書、内務省の市街地建築物施行規則、等に、セメント 1500 kg を以て 1m^3 とすることが規定してある。

§ 33. 粉 末 度

セメントの化學成分に關せず、セメントと水との化學反應の速度に大きい關係のあるのは、セメントの粉末度である。普通ポルトランド セメント焼塊の極微粉砕が早強セメントを造る 1 方法ともなる程で、粉末度の高いセメントほど、強度が高く、耐久的なコンクリート又はモルタルを造るに適して居る。それで、近來益々粉末度の高いセメントが製造される傾向である。但し、粉砕の費用と、粉末度の非常に高いセメントは濕氣の影響を受け易いと言ふ關係とから、自ら其の限度が出来て來るのである。

セメントの粉末度を定める爲に、我國で用ゐられて居る方法は、篩別試験 (§ 419 参照) である。臨時日本標準規格第 149 號第七條には (§ 414 参照)、『セメントハ日本標準規格第 408 號標準試験篩ノ標準網篩 0.088 (150×60) ヲ以テ篩ヒ別ケ其ノ殘滓量 12% ヲ越エザルコトヲ要ス』とある。現今、我國で製造されて居るセメントの粉末度は、上記の試験による時、殘滓量が 2% 乃至 4% である。

最も有效なセメント粒子の大きさは 10 ミクロン 乃至 15 ミクロン 以下のものとされて居る。それで、セメントの粉末度試験に於ては、其の大小粒子の割合を試験するのが適當であ

るが、篩別試験は此の目的に適しない。それで、セメントの大小粒子の割合を試験するために、風篩試験、沈降試験、等が行はれる。

風篩試験に就いては、日本ポルトランド セメント業技術會も之を研究し、澤山の報告書を出版して居る。

沈降試験に於ては液體中に於けるセメント粒子の沈降に關する法則を假定し、ある時間毎に、混吊して居るセメントの量を觀測し、それから大小粒子の割合を計算する。Wagner 及び Klein のタービヂメーター (Turbidimeter) が此の目的に對して用ゐられる。

セメントの大小粒子の割合を知れば、粒子が球であると假定し、且つ最微粒子の大きさに關して假定を設けて、見懸け表面積 (Specific surface) と稱する値を計算し、之によつて、粉末度をあらはすことが出来る。見懸け表面積は 1 グラムのセメントに於ける粒子の全表面積を平方 cm で示したもので、セメントの粉末度が高い程、見懸け表面積が大きい。セメント粒子の表面積は粒子の直徑の自乗に比例するから、セメントの最も有效な粒子即ち 10 ミクロン乃至 15 ミクロン以下の粒子の割合が見懸け表面積を著しく増加することになるのである。

セメントの見懸け表面積は、眞の表面積の近似値に過ぎないが、セメントの粉末度を示すに甚だ満足なもので、見懸け表面積と粉末度の影響を受けるセメントの性質との間の關係は、相當研究されて居る。

米國のセメント規格では、粉末度を見懸け表面積で示すことになつて居る。

Klein のタービヂメーターによる時、普通ポルトランド セメントの見懸け表面積は、1 g につき 1400cm^2 乃至 1700cm^2 位であり、早強セメントは 1900cm^2 乃至 2600cm^2 位である。見懸け表面積が $1600\text{cm}^2/\text{g}$ よりも小さいセメントを用ゐると、コンクリートのウオーカビリチーが悪くなり、水がコンクリートから分離する傾向が大きい。

Wagner のタービヂメーターで得られる結果は、Klein の装置によつて得られる値よりも約 20% 大きい。

§ 34. 凝 結 及 び 硬 化

セメントの凝結に要する時間は、其の化學成分によつても多少影響されるが、セメントの粉末度、セメント糊の水セメント比及び溫度の影響を受けることが甚だ大きい。

普通の粉末度の範圍に於ては、粉末度の高い程、凝結が早い。それは、セメントの微粒子ほど、化學反應が活潑であるからである。そして、あまり粉末度が高い時は凝結することがある。

セメント糊の水セメント比が大きい時、溫度が低い時は、凝結がおそく、水セメント比が

小さく、温度が高い時は、凝結が促進される。

セメントの規格試験に於ては、水量を調節し、一定の軟かさ即ち標準稠度 (§ 420 参照) のセメント糊の凝結時間を試験する。標準稠度のセメント糊を得るに適する水量はセメント重量の 27% 内外である。標準稠度のセメント糊は、凝結試験及び膨脹龜裂試験だけに用ゐられるもので、一般のコンクリートに於けるセメント糊の水セメント比は、之よりもずっと大きいものである。従つて、普通、コンクリート工事に使用されるコンクリートに於けるセメント糊の凝結の始發及び終結の時間は、セメント規格に示された標準稠度の時よりも餘程大きいものである。

ポルトランドセメントの凝結につき臨時日本標準規格第 149 號は、次の様に規定して居る。

『第八條 普通ノ用途ニ供スル「セメント」ハ 15°C 乃至 25°C = 於テ注水ヨリ 1 時間以後ニ凝結ヲ始メ 10 時間以内ニ凝結ヲ終ルコトヲ要ス』

Q 普通、1.5 時間乃至 3 時間で凝結を始め、3 時間乃至 5 時間で凝結を終る。焼塊を粉末にしたものは、非常に急結性であるから、之に石膏を加へて、凝結時間を調整するのである。

セメントの凝結及び硬化の過程に關して、いろいろな説明が試みられて居る。詳細は猶ほ不明であるが、多くの大家が認めて居る説明は、次の如くである。

水がセメント粒子の表面を溶かし始めるとすぐに、膠質のゲル (Colloidal gel) が出来る。之は加水分解及び水和作用が進むに従ひ、漸次容積及び固さを増して来る。此の状態に於て、石膏とアルミナの作用によりある結晶が出来る。標準稠度のセメント糊に於て、水と混合してから 2 時間乃至 4 時間後に、セメントの各粒子から成長する觸毛状の流れの様なゲルが互に交つて、急に硬くなるのがセメントの凝結の始發に相當する様である。凝結の終結は、セメント糊が任意的に定められた一定の壓縮力に耐へ得る強さに達したことを示す以外に、特別な物理的意味がない。水和作用がセメント粒子の内部に進むに従ひ、化合の速度は緩くなるが、なほ更にゲルが出来、前に出来て居るゲルを一層硬く且つ強くし、結晶に似た様なゲル構造となる。或る結晶が其の中に出来るかも知れないが、結晶は、硬化の過程に於て主要な部分を占めないと、現今は、一般に信ぜられて居る。セメント粒子の水和作用は、時間が経つと共に緩慢になり、普通のコンクリート内に於けるセメント粒子が、全部完全に水和することはない。含水量の變化によるコンクリートの容積變化は、硬化したセメントに於けるゲルの構造に關するもので、乾燥によるゲルの收縮及び強さの増加が、乾燥した時のコンクリートの壓縮強度が濡れた時よりも大分大きい理由であると考へられる。

§ 35. 膨脹龜裂

セメントの最も大切な性質の 1 つは、膨脹龜裂を生じないことである。固まつたセメントの膨脹龜裂は、セメントの或る組成分の甚だしい膨脹によつて起るもので、供試體の龜裂、歪曲又は崩壊によつて示される。従つて、膨脹龜裂を生ずるセメントを使用したコンクリートは、龜裂、歪曲を生ずることがあるのみならず、甚しければコンクリートが崩壊する恐れがある。依つて、斯の如きセメントは、決して之を使用してはならない。近來は、膨脹龜裂を生ずる様なセメントは殆どないが、以前は時々あつたので、膨脹龜裂の試験は最も重要視されて居たのである。

膨脹龜裂試験については、§ 421 に述べてある。

セメントが膨脹龜裂を生ずる原因の 1 つは、セメント粒子の内部に包まれた石灰が水和することによるものと考へられて居る。セメント粒子の外殻は、初め石灰の水和を妨げるが、セメントが凝結した後水が遂に石灰に達すると、之が數倍の容積に膨脹し、水和する時大きい力を出す。此の、後に起る石灰の水和が、凝結したセメント糊に膨脹龜裂や歪曲を生ずるとされて居る。凝結の遅いセメントの 1 つの利點は、セメント糊が硬くなる前に、石灰の水和に對して、時間の餘裕があることである。

セメント原料の粉末度を高くして親密に混合すれば、焼塊に石灰の残る機會が少い。原料を十分に焼けば、石灰の量を減ずる。

セメントの粉末度を高くすれば、石灰が露出され、早く水和するから、膨脹龜裂の生ずる恐れが少い。

膨脹龜裂を生ずるセメントを數日間風化すれば、石灰が水和する機會が與へられ、膨脹龜裂を生じなくなる。然し、セメントの風化は、其の強度を害するから、此の目的以外には、セメントを風化してはならない。

セメントに膨脹龜裂を生ずる他の原因は、マグネシヤ及び無水硫酸がある限度を越えることである。臨時日本標準規格第 149 號 (§ 414 参照) 第十八條には、セメント中に含有するマグネシヤは 3% 以下、無水硫酸は 2% 以下たるべきことが、規定してある。

§ 36. 收縮龜裂

セメントは其の凝結中及び其の後に於て乾燥すれば、他の材料と同様に、收縮する。乾燥は一般に外部から始まる。外部は乾燥しても内部はなかなか乾燥しないから、外部は收縮するが内部はさほど收縮しない。依つて外部に引張應力、内部に壓縮應力を生ずる。此の引張

應力度がセメントの引張強度を超過すれば、表面に所謂収縮龜裂が現はれる。それで、セメントの引張強度が小さい、凝結中又は硬化の初期に於ては、乾燥によつて特に収縮龜裂を生じ易い。之が、収縮龜裂を防ぐために、凝結中及び硬化の初期に於て、乾燥しない様にする必要がある理由である。又、内外ほぼ齊等に乾燥したにしても、セメントの収縮が外力によつて制限されれば収縮應力を生じ、之がセメントの比較的小さい引張強度を超過して、龜裂を生じ易いのである。依つて、セメントを結合材とするコンクリートも乾燥によつて収縮し、之が、コンクリートに龜裂の生ずる主な原因の一つになるのである。

§ 37. 強 度

コンクリート及びモルタルの強度は或る程度迄セメントの強度に比例するから、強いコンクリートを造る爲には、強度の大きいセメントを使用するのが得策である。それで、近來益々強度の高いセメントが製造される様になつて居る。

セメントの強度は、主として、使用水量、溫度及び注水してからの経過時日即ち材齢によるもので、セメント糊が軟かい糊の様な状態である範圍に於ては、使用水量が大きい程強度を減じ、30°C 位迄は氣温の高い程強く、材齢の増加に伴つて強度が増加する。

セメントの強度を試験するには、セメント糊の強度に就いて試験するのが正當であることは明白であるが、セメント糊の強度はコンクリート又は、モルタルに使用した時の強度に必ずしも比例しない。例へば、粉末度の高いセメントは、セメント糊で試験すれば粉末度の低いものよりも強度が小さいことがあるが、コンクリート又はモルタルとして使用すれば、粉末度の低いものよりも強度が大きいことがある。而して、セメントの主要な用途はコンクリートの結合材としてであるから、使用上の目的からセメントの強度を論ずる爲には、同一骨材、同一配合及びウオーカビリチーのコンクリートの強度を試験するのが望ましいのである。然し、セメントの強度試験の目的に對し、一々コンクリートを造つて試験をすることは面倒であると言ふ理由で、現今の所では、セメントと標準砂とを一定の割合に配合し、之に一定量の水を加へて造つたモルタルの強度試験によつて、セメントの強度を試験することが一般に行はれて居る。JES 第28號 A4、JES 第29號 A5 及び臨時日本標準規格第149號 (§ 414 參照) のセメント強度試験も、此の方法によつて居る。

普通に、セメントの強度と言ふのは規格の試験方法に従つて試験した、モルタル供試體の示す強度のことである。

JES 第28號及び第29號の強度試験法は、極めて硬練りのモルタルを鋳打して造つた供試體を用ゐるために、各種セメントの水和による強度の特性を表はさないこと、實際に使用さ

れるコンクリートに於て水セメント比の増加による各種セメントの強度低下の特性を知り得ないこと、材齢の増加による強度増進の割合が實際のコンクリートに於ける強度増進の割合と平行しないこと、コンクリートに使用した場合風化したセメントの強度低下を示さないこと、等の缺點があるので、臨時日本標準規格第149號では、軟練りモルタルによる強度試験法を規定して居る。軟練りモルタルによる強度試験に於ては、コンクリートに於て實際に使用される程度の水セメント比のモルタルを型枠に流込むで成形する供試體を用ゐる。それで、實際コンクリートに使用する場合のセメントの強度の特性を知るのに便利である。將來は軟練りモルタル試験法が日本標準規格の試験法になる筈であるが、試験設備の関係もあるので、當分は硬練りモルタルの試験によつてもよいことになつ居る。従つて、セメントの示方書に於ては、いづれの規格によつて試験するかを明記する必要がある。

本邦に於けるポルトランドセメントの耐壓力及び抗張力を JES 第28號の試験法によつて試験した結果の平均は、大體第6表の如くである。

第6表

硬練りモルタル試験による本邦産ポルトランドセメントの強度

	材 齢	普通ポルトランド セメント	早強ポルトランド セメント
抗 張 力 kg/cm ²	1	23	34
	2	28	36
	3	29	41 (30以上)
	7	32 (20以上)	43 (34以上)
	28	38 (25以上)	45 (38以上)
耐 壓 力 kg/cm ²	1	170	350
	2	280	490
	3	350	570 (400以上)
	7	480 (220以上)	650 (500以上)
	28	600 (300以上)	720 (600以上)

第6表に於ける括弧内の數値は、JES 第28號の規格強度である。

臨時日本標準規格第149號によつて試験した、本邦産の普通ポルトランドセメントの耐壓力及び抗折力は、第7表の如くである。

第7表

軟練りモルタル試験による本邦産普通ポルトランドセメントの強度

	強度 (kg/cm ²)		
	材 齢		
	3 日	7 日	28 日
耐 圧 力	70—130 (35以上)	120—200 (70以上)	220—315 (150以上)
抗 折 力	18—34 (10以上)	30—44 (20以上)	46—68 (30以上)

第7表に於ける括弧内の数値は、臨時日本標準規格第149號の規格強度である。

§ 38. 早強ポルトランドセメント

早強ポルトランドセメントの化学成分は、普通ポルトランドセメントと大差ない。唯、シリカ、アルミナ及び酸化鐵の全量に對し、酸化石灰の量が概して多いだけである。早期高強度を出す主な原因は、原料の嚴選、原料配合上の絶對均齊、焼成窯に於ける高温度焼成によるセメント中の化合物組成、及び焼塊の極微粉碎、等である。

セメントの化合物組成が硬化に及ぼす影響に就いては、§ 30 に述べてある。粉碎機の進歩により、原料の粉末度を高めることが容易になつたので、之が焼かれる時よく化合する。乾式に於ける十分な原料の混合、殊に濕式の發達による原料の親密な混和と、窯の長さの増大とによつて、優良な焼塊が得られる。此の焼塊を、普通セメントの場合よりも一層十分に粉碎すれば、早強ポルトランドセメントが得られるのである。粉末度に就いては、§ 33 に述べてある。

早強ポルトランドセメントが、大體に於て、普通ポルトランドセメントが材齢28日を出す強度を3日を出すことは、第6表の如くである。材齢28日の耐壓強度は、早強セメントの方が普通セメントよりも高いのが一般である。然し、材齢數箇月に於ては、兩者の強度は略ぼ逕庭なきに到るのが通例であつて、結局の絶對強度に就いて言へば、早強セメントは普通セメントよりも常に強度が大きいと言ふ譯ではない。

早強ポルトランドセメントが短期に出す高強度は、24時間以内に著しい高強度を出すアルミナセメント (§ 43 参照) に及ばないが、7日以内の高強度發生状態に就いて比較すれば大差はない。且つ、早強ポルトランドセメントの強度の増進が比較的長く繼續することは、アルミナセメントよりも優つて居る。

§ 39. 早強ポルトランドセメント コンクリート

早強ポルトランドセメントは緩結性で、其の凝結は普通ポルトランドセメントとほぼ同様である。依つて、此のセメントを用ゐるコンクリートの打ち方は、普通ポルトランドセメントと同じである。

早強ポルトランドセメントは、早期に著しく高い耐壓強度を發揮するから、此のセメントを使用するコンクリートは、之と同一骨材及び配合の普通ポルトランドセメントコンクリートよりも、早期に著しく高い壓縮強度を有する。依つて、此のセメントを用ゐれば、急速にコンクリート工事を進行させることが出来る。それで、戦時に於ける砲臺、堡壘の築造、急速を要するコンクリート道路及び其の修繕、一般の建築物、等に於ては、早強ポルトランドセメントを使用するのが特に利益である。又、普通ポルトランドセメントを使用する場合よりも早く型枠を取外し得るから、同じ型枠を繰返し使用する場合には、型枠費を大いに節約することが出来る。

早強セメントは、其の粉末度の高いこと及び急硬性であることにより、硬化の初期に於ける發熱量が普通セメントよりも大きいから、之を用ゐれば、比較的安全に寒中コンクリートを施工し得る利益がある。

早強セメントの價格は、普通セメントよりも幾分高いが、之の使用による工事の進捗、型枠費の節約、及び一般に高い許容應力度を使用し得ること、等を考へると、普通セメントよりも頗る廉價である場合が多いのである。之が、早強ポルトランドセメントが益々盛に使用される様になつて居る理由である。

然し、早強セメントは、總ての點に於て、普通セメントよりも優良であると言ふ譯ではない。早強セメントコンクリートは、之の養生に就いて特に注意しないと、乾燥して龜裂を生じ易い。又、コンクリートの早期強度が大きいから、コンクリートのクリープを利用するにも不便である。發熱量が大きいので、大塊のコンクリートに於ては温度の上昇が著しいから、コンクリートが外部から冷却する時、外部に引張應力を生じて、コンクリートに龜裂を生ずる恐れが大きい。

早期高強度のコンクリートを造るに、早強セメントを用ゐることは必ずしも必要でない。普通セメントでも、水セメント比を小さくすれば、凡ての材齢に於て、高強度コンクリートが得られる。但し、水セメント比を小さくし、セメント使用量を増大すると、發熱量が大きくなるので、後に大きい收縮を生じ、色々の不都合を起す缺點がある。

第3節 混合ポルトランド セメント

§ 40. 高 爐 セ メ ン ト

熔鑄爐で鉄を精錬する際、鐵鑄中の不純物である珪酸及び粘土質のものは、加へられる石灰と複雑な化合物を作り、鑄滓として爐外に排出される。此の鑄滓が未だ熔融状態に在るものを、特殊な装置で水を用ゐて極めて迅速且つ均一に冷却すると共に之を破碎すれば、急冷鑄滓が出来る。之を乾燥し、鑄滓の重量 100 に對し、ポルトランド セメント焼塊 45 以上を混和し、粉碎して粉末としたものが高爐セメントである。凝結速度の加減及び其の他の必要に応じて、石膏 (5%以下) 及び石灰 (3%以下) を混和することがある。

臨時日本標準規格第 149 號セメントには、

『第三章 製造法

第四條 高爐「セメント」ハ冷碎シタル鐵熔鑄爐ノ鑄滓ノ重量 100 = 對シ「ポルトランドセメント」焼塊 45 以上ヲ混和シ粉碎シテ粉末ト爲シタルモノトス

高爐「セメント」ハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 5% 以下ノ石膏及 3% 以下ノ石灰ヲ混和スルハ此ノ限ニ在ラズ』

とある。

我國では八幡製鐵所、淺野セメント株式會社共の他が高爐セメントを製造販賣して居る。本邦製高爐セメントの化學成分は大體次の如くである。

シリカ 25~28%, アルミナ 8~8.5%, 酸化石灰 56~57%, 酸化鐵 2~3%, 酸化滿侖 1~1.5%, マグネシヤ 1~2%

高爐セメントの比重は 2.90~2.95 位で、ポルトランド セメントに較べて小さいが、其の他の諸性質はポルトランド セメントと殆ど同じである。只、材齡 3 日、7 日、等の強度はポルトランド セメントに及ばない。今日の所、材齡 28 日の耐壓強度がポルトランド セメントと略同様になる様に造られる様であるから、夫以前では高爐セメントの方が弱い。然し、其の後の強度の増進は大きい。是等の點に注意すれば、高爐セメントはポルトランド セメントと同様にコンクリート及び鐵筋コンクリート工事に使用することが出来る。膨脹係数の小さいこと、海水及び下水等に対する化學的抵抗の大きいこと、溫度係数の小さいこと、材齡の増加に伴ふ強度の増進が大きいこと、等は此のセメントの特徴と考へられて居る。

高爐セメントの色は褐灰白色で、ポルトランド セメントよりも白いから、之で建築物の表面仕上げをすると、感じがよいと言はれて居る。

高爐セメントは其の仕上げ後に表面に緑青色を呈することがあるが、之は暫くすると消えるもので、強度其の他には影響のないものである。

高爐セメントの臨時日本標準規格は § 414 に掲げてある。

高爐セメントの規格が普通ポルトランド セメントの規格と異なる點は、前記の製造法のほかに、比重 (2.85以上)、マグネシヤ及び無水硫酸の量 (夫々 5% 以下及び 3% 以下)、等である。

§ 41. 珪酸質混合セメント

珪酸質混合ポルトランド セメント、所謂シリカ セメントは、ポルトランド セメント又は其の焼塊を主體とし、之に珪酸質混合材を加へ、微粉碎して得られる混合セメントである。凝結速度の加減及び其の他の必要に応じて、石膏 (3% 以下) 及び石灰 (3% 以下) を混和することがある。

臨時日本標準規格第 149 號には、

『第五條 珪酸質混合「セメント」(以下單ニ混合「セメント」ト稱ス)ハ「ポルトランドセメント」焼塊ノ重量 70 = 對シ珪酸質混合材 30 以下ヲ混和シ粉碎シテ粉末ト爲シタルモノトス 混合セメントハ他ノ物質ヲ混和スルコトヲ得ズ 但シ其ノ重量ノ 3% 以下ノ石膏及 3% 以下ノ石灰ヲ混和スルハ此ノ限ニ在ラズ』とある。

珪酸質混合材の主なもの、火山灰、珪酸質岩石の煨燒物、石炭燼、等であつて、是等を混和する主な目的は、ポルトランド セメントの性質を改善するにある。

ポルトランド セメントの主要化合物のうちで、約 75% を占めるものは、珪酸 3 石灰及び珪酸 2 石灰で、是等が化學反應を起すと、珪酸石灰と水酸化石灰とを生ずる。水酸化石灰が出来る量は、セメントの水和の程度によるが、普通のコンクリート中に於て、セメントの重量の約 20% 程度と考へられる。此の水酸化石灰は水に溶けるもので、殊に炭酸ガスを含む水、酸を含む水、等によく溶ける。又、水酸化石灰は、550°C で生石灰と水とに分解する。従つて、ポルトランド セメント コンクリートが炭酸ガス、酸、鹽類、等を含む水に遇ふ時、又は高熱に曝される時などには、水酸化石灰は、コンクリートに取つて、不利な存在である。依つて、可溶性珪酸の多い珪酸物質即ち火山灰、珪藻土、等を混和すると、水酸化石灰と珪酸物質中の活性珪酸とが化合して、不溶性の珪酸 1 石灰が出来、且つ強度も増加する。

セメントに珪酸質の物質を加へることは、古くから行はれたのであるが (§ 49 参照)、單にセメントの混和材として用ゐたのでは、セメントとの完全な混合が到底望み難く、混和材が一局部に偏在し、其の爲に、コンクリートに弱點を生ずることがあるので、混合セメント

として其の目的を達するのが適當だと言ふことになるのである。

珪酸質混合セメントは、我國で、多くのポルトランドセメント製造会社が製造販賣して居る。

本邦製珪酸質混合セメントの化學成分は、大體次の如くである。

シリカ 25~43%, アルミナ 5~11%, 酸化石灰 44~55%, 酸化鐵 2.6~3.1%, マグネシヤ 0.9~2.2%, 無水硫酸 1.0~1.6%

比重は 2.8~3.0 である。

優良な珪酸質混合セメントは、

- (1) 化學的抵抗が大きいこと、
- (2) 水密性の大きいコンクリートを造るに適すること、
- (3) 長期強度が大きいこと、
- (4) 高熱に対する抵抗力の大きいコンクリートが得られること、
- (5) 發熱量が少いこと、
- (6) ウォーカビリチーのよいコンクリートが得られ易いこと、

等の特徴を有する。

珪酸質混合セメントは、材齡28日に於ては、普通ポルトランドセメントに較べて強度が低いのが普通であるが、6ヶ月、1年となれば、大體同じか、又は幾分高い強度を出すものである。珪酸質混合セメントがポルトランドセメントに較べて劣る點は、

- (1) 使用水量の増加による強度減少の割合が、ポルトランドセメントよりも大きいこと、
- (2) 早期に於けるコンクリートの強度が低いこと、
- (3) 混合セメントコンクリートは乾燥による収縮が大きいから、龜裂を生ずる惧れが大きいこと、

等であるとされて居る。然し、是等の點に關し、ポルトランドセメントに劣らない珪酸質混合セメントも製造されて居る。但し、斯の如きセメントは、ポルトランドセメントよりも一般に高價である。單に燃料節約の目的で製造される混合セメントの品質が、ポルトランドセメントよりも劣ることの多いのは、寧ろ當然である。珪酸質混合セメントの、臨時日本標準規格は § 414 に掲げてある。混合セメントの規格が普通ポルトランドセメント規格と異なる點は、前記の製造法のほかに、比重 (2.75 以上)、マグネシヤ及び無水硫酸の量、(夫々 4% 以下及び 2% 以下)、等である。

現今の珪酸質混合セメントを使用するコンクリートの施工に就いて、注意すべき事項は、次の如くである。

(1) 珪酸質混合セメントは其の臨時規格が漸く出來たばかりで、市場に澤山出る様になつてから日も浅いので、其の品質に就いてポルトランドセメントよりも一般に不安の點が多い。故に、此のセメントを使用する時には、コンクリートに關する各種の試験を行ふことが特に大切である。配合及び水量の決定に當りては、尠くとも壓縮強度試験を行ふのが適當である。

- (2) 定められた水セメント比を嚴守することが特に大切である。
- (3) 早期の強度が比較的小さいから、型枠除去の期間に就いて一層注意を要する。
- (4) 収縮龜裂の發生を防ぐため、養生を一層十分にしなければならない。

§ 42. ソリヂチット (Soliditit)

ソリヂチットは伊太利で發明 (1907) された一種の混合ポルトランドセメントである。之は、花崗岩を約 1000°C で煨焼したもの約 1 分をポルトランドセメント燒塊約 4 分に混和し、粉碎して製造される。我國では、日本ソリヂチット株式會社が、之を製造販賣して居る。

ソリヂチットの化學成分は大體次の如くである。

シリカ 30~33%, アルミナ 5.5~8%, 酸化鐵 3.2~5%, 酸化石灰 48~53%, マグネシヤ 1~1.5%, アルカリ 1.6%, 無水硫酸 0.9~1.3%

此の成分を見ると、ポルトランドセメントに比較して、シリカが多く、酸化石灰分の少いものであることがわかる。此の成分に於ける差異が、ソリヂチットの特性を發揮する理由である。

ソリヂチットの比重は 2.88 位で、其の強度上の品位は高爐セメントに類似し、其の特徴も共通の點が多い。強靱性に富み、衝撃、震動、磨耗、海水の侵蝕、等に對する抵抗力の大きいこと、各種加工品の製造に適すること、等が其の特徴とされて居る。

花崗岩の碎石を骨材として使用し、適當に施工したソリヂチットコンクリートは磨耗が均一である。依つて、ソリヂチットは道路の鋪裝用コンクリートに最も多く用ゐられる。ソリヂチットコンクリートは新舊の織目に於て十分な強度を有することも其の特長の一つであり、又、花崗石の修繕工事にも適して居る。

ソリヂチットをして十分其の特徴を發揮させる爲には、其の使用法に就いて、次の注意が大切である。

- (1) 骨材 磨耗に對する抵抗力の強大な點を利用せむとする時には、骨材として花崗碎石を使用するがよい。之は、花崗碎石の磨耗に對する抵抗力とソリヂチットの磨耗に對する抵抗力とが殆ど相等しい爲に、鋪裝用コンクリートとして其の磨耗が一樣で、常に平坦な路

面を得ることが出来るからである。

(2) **配合** 舗装又は防水工事に於ては、碎石とソリヂチットのみを用ゐ、砂を用ゐない。此の場合、配合は容積比で $1:1\frac{1}{2}$ 乃至 $1:2$ である。碎石の最大寸法は舗装面の厚さの約 $\frac{1}{3}$ とし、大小粒よく混合して居るものを用ゐる。

(3) **混合用水量** を可及的小量ならしめることが特に大切である。普通は、使用ソリヂチットの重量の2割5分乃至3割の水量を用ゐ、硬練りコンクリートを使用する。使用水量が多くなると、此のセメントの特徴を失ふものである。

(4) 硬練りコンクリートを使用するのであるから、**十分な締固め**を行ふことが極めて大切な條件で、コンクリートの表面一様にセメント糊が浮出す迄、十分締固めを行はなければならない。施工後の養生法其の他はポルトランドセメントコンクリートに於けると同様である。

第4節 アルミナセメント

§ 43. アルミナセメント

アルミナセメントは超早期高強度のセメントで、佛國で發達したものである。佛國のシマンフォンデュ、獨逸のアルカツェメント、米國のアトラスルムナイトセメントなどは、アルミナセメントの代表的商品である。

アルミナセメントは、主原料として、普通、アルミニウムの原礦であるボーキサイトを、之にほぼ等量の石灰石を混和し、電氣爐などで熔融燒成し、急激に冷却し、微粉としたものである。

アルミナセメントの化學成分は、大約、アルミナ 40~44%、酸化石灰 35~40%、シリカ 8~12%、酸化鐵 7~15%、マグネシヤ、酸化チタニウムの少量、等である。主要化合物は矽土酸石灰鹽と珪酸石灰鹽とであつて、アルミナセメントの早期高強度は、主として矽土酸石灰鹽によるものと考へられて居る。

アルミナセメントの特徴は、早強ポルトランドセメントよりも一層早期高強度であること、海水中の鹽類の作用に對する抵抗力の大きいこと、及び、凝結硬化に於ける發熱量が非常に大きいこと、等である。アルミナセメントの耐壓力は、1:3の硬練りモルタル試験で、材齡1日に於て $500\sim 600\text{ kg/cm}^2$ 位にも達し、2日又は3日では確實に 600 kg/cm^2 を超える。

アルミナセメントは、海中工事、寒中コンクリート工事、等に重要視されて居る。然し

原料の關係上、其の産額も尠いし、値段も高い。我國では大阪窯業セメント株式會社が、アルミナセメントを製造販賣して居る。

第5節 セメントの選擇、購入、受入試験及び貯藏

§ 44. セメントの選擇

第2節乃至第4節に於て、各種のセメントの性質について述べた。是等のセメントは夫々特徴があるから、是等が其の特徴を十分發揮し得る用途に、是等を使用することが必要である。

また、近來、セメントの製造技術が著しく進歩したので、同じポルトランドセメントでも、工事の種類に應じ、或る程度まで、其の工事の目的に適合する性質のセメントを使用し得る様になつて來た。それで、例へば、コンクリート道路工事用としては、膨脹收縮が尠く然も引張強度及び曲げ強度の大きいコンクリートの製造に適する道路用セメントを、堰堤工事には發熱の小さい低熱型のセメントを、海水工事其の他に對して耐水性、耐酸性の優れたセメントを、使用する傾向である。

實際の工事に當つては、所望の性質のセメントを入手することが困難の場合も非常に多いのであるが、コンクリート技術者は、工事一切の事情を考慮して、最も安全に、經濟的に、目的を達するコンクリートを造るに適するセメントを選擇することに、努力しなければならない。

§ 45. セメントの購入及び受入

重要な工事に於て、多量のセメントを使用する場合に、購入すべきセメントを決定するに當りては、單に數回の試験成績丈けに信頼すべきではない。品質が規格に合すべきは勿論であるが、品質が常に同じであると言ふことが甚だ大切である。セメントの品質が時々變化したのでは、齊等性のコンクリート構造物を造ることが出来ないことは明瞭である。現今、各セメント工場で製造されるセメントの強度其の他の性質は殆ど優劣がない。甲工場の製品が乙工場の製品よりも優つて居ると言ふのは、甲工場が乙工場よりも、常に同じ品質のセメントを供給すると言ふことであると考へられる。品質が常に同じであるか否かを知るには、絶へず、セメントの試験を行はなければならない。材齡28日に於ける、軟練りモルタル試験による耐壓強度が 150 kg/cm^2 でも 250 kg/cm^2 でも規格には合するのであるが、平常 250

kg/cm²程度のセメントを供給して居るのに、たまにでも、150 kg/cm²のセメントを供給する様な工場の製品は、常に同じ品質のセメントを供給すると言ふ点からは、不合格とすべきである。大工事の場合には、此の點に關する示方が大切であると思はれる。尙ほ、各製造會社には、夫々其の特徴や特性があるから、それを十分研究することも大切である。

依つて、セメントを購入するに當りては、製造工場の信用の程度、製造能力、工場の設備、作業の状況、等を調査し、且つ輸送の難易及び之に要する時日、等を考慮して、セメントの性質と價格とから、購入するセメントを判定すべきである。

臨時日本標準規格第149號 (§ 414 參照) 第二十一條に、

『セメント』ノ受渡ニ用フル重量ノ單位ハ噸トス』

と規定してあるから、購買、建値共に噸を單位とするのが正當である。

セメントの包装重量が區々になつて居ると統一を亂し、従つて、又、包装費を高からしめるのみならず、取引に不正を招く恐れがあるので、臨時規格第二十二條に、『セメント』ノ包装容量ハ袋入ノ場合ニハ正味 50 kg、樽入ノ場合ニハ正味 170 kg トス 但シ袋入ノ場合ニハ正味 40 kg トスルコトヲ得』と規定してある。

袋詰セメントは樽詰セメントよりも包装費が安いだけ安價である。それで、一般に、袋詰セメントが使用される。

袋は極く特別の場合のほか、紙袋が用ゐられる。紙袋は、紙3枚乃至5枚を重ね合せて造られる。紙の枚數によつて値段が異なるのであるから、セメントを購入する時には、セメント袋の取扱ひ方、運搬距離、貯藏期間、等を考慮して、何枚の紙袋で包装するかを契約する必要がある。

樽詰はセメントを長距離に輸送するとか、運搬又は貯藏中に濕氣を受けてセメントが變質する恐れがある様な、特別の場合だけに使用されて居る。近來出來たセメント工場は、樽詰の設備を有しないものが多い。

現今、袋詰セメントでも、其の包装費は、中味のセメントの價格の數割に相當する。それで、包装費を節約する目的で、大工事では、セメントを其の儘、鐵道貨車又は自動車に積むで運搬し、之を現場のサイロに貯藏して使用することがある。之を**バラセメント**と言ふ。

セメントが到着したらば、到着の月日、名稱、數量、製造者の試験成績表、等を記帳し、§ 47 に述べてある様に、適當に之を貯藏する。

§ 46. 受入試験

現今、我國に於ては、ポルトランドセメントの製造も著しい進歩をしたので、其の製品

は外國の一流セメントに比して優つて居るものも尠くない。然し多量の製産をすることであるから、製品の品質が常に同じであると言ふことは望み得ない。同じ品質の原料を用ゐ、完全な設備と方法とで製造された一流會社の製品が、規格に合しないと云ふ様なことは極めて稀ではあるが、無いこともない。又、使用者の手に渡されるセメントが如何なる状態で製造されたかを知り得る機會は尠い。良いセメントが製造されたにしても、其の運搬中又は貯藏中に害を受けて、工事現場で悪いセメントが渡されることもある。依つて、セメントは使用前に之を試験して、不良なセメントを受取らない様にしなければならない。「セメントが悪かつたから」と言ふことは、工事施工者として申譯にならない。

セメントの品質を試験する爲に、化學的試験と物理的試験とが行はれる。而して後者の方が大切であつて、後者が一般に行はれて居る。

永い經驗の結果として、セメントの良否を判定するために用ゐられる物理的試験は、(1) 比重、(2) 粉末度、(3) 凝結、(4) 膨脹龜裂、(5) 抗張力及び耐壓力、等の試験である。各人各所に於て行はれる是等の試験が、比較し得る結果を與へる爲には、制定された標準試験方法に従ひ、試験方法の差によつて起る差異を最小ならしめることの必要を十分に會得した人が、試験を行はなければならない。セメントの試験は専門家でなければ出來ないとは言へないが、試験器具さへあれば誰でも出來ると思ふのは間違ひである。少くとも1週間位は熟練家の指導を受け、同一セメントを試験した時に起る誤差が相當に小さくなつたら、試験の資格が出來たと考ふべきである。

臨時日本標準規格によるセメントの試験方法は、§ 415 乃至 § 423 に述べてある。

§ 47. セメントの貯藏

セメントを永く倉庫に貯藏して置くと、空氣中の濕氣及び炭酸ガス等を吸収して、著しく初期に於ける其の強度を減じ、凝結時間も亦遅延する。場合によると、セメントの一部が塊状をなすに到ることがある。

セメントの貯藏による強度減少の割合は、セメントの種類、季節、天候、濕氣、倉庫の構造、等によつて著しく異なるので、一般の數値を示すことは困難であるが、セメント使用者としては、普通の現場に於て、セメントを數ヶ月貯藏すれば、數割其の強度を減ずるものと考へるのが安全である。耐壓強度の低下は早期に於て著しい。抗張強度は左程低下しない。

6ヶ月以上も貯藏したり、又は濕氣を受けた疑あるセメントは、其の使用前に試験を行ひ、其の結果により、使用量の増大其の他を決定しなければならない。

セメントがひどく風化すると、二重凝結を起すことがある。二重凝結と言ふのは、凝結の

始發が2度現はれることである。即ち、注水後、急結性セメントの様に、急激に凝結の始發が起るが、時間が経つと漸次軟くなり、次に普通の凝結の始發時間と殆ど變らない時刻に、再び本當の凝結の始發を示すものである。二重凝結は餘程注意しないと見出し難いものであるが、二重凝結を起すセメントを工事に使用すれば、コンクリートの運搬又は打込み中にコンクリートが固まつて、工事に非常な困難を感じるものである。二重凝結はセメント中に於ける石膏の量が適當でないために起ることもある。

コンクリート工事が迅速に且つ連続的に施工される爲に、相當の量のセメントを貯蔵する必要があることは勿論であるが、以上に述べた様に、セメントは貯蔵によつて其の品質に變化を來すものであるから、セメントの1日の使用量、運搬の難易、等を考慮して、工事の進捗に差支へない程度に於て、セメントの貯蔵量を勘ぐし、使用量に應ずる様に、セメント製造工場から供給を受ける様にすることが、肝要である。

セメントの貯蔵について最も注意を要するのは、濕氣の豫防である。我國の様に濕氣の多い所に於て殊にそうである。又、近來製造される粉末度の高いセメントは、在來のものに較べて、濕氣の影響を受け易いものであることを忘れてはならない。濕氣を吸収した結果として塊状になつたセメント、又は一部が硬化したセメントは、譬へ是等を篩ひ出したにしても、強度が著しく低減し、規格に合しないことが多い。故に、斯くの如きセメントを使用してはならない。但し同じ袋のセメントでも別段凝結した形勢のない部分は、悪い部分を除いた上、強度の低減に就いて相當の考慮を拂へば、之を使用してもよい。

袋入セメントを積み重ねて置く時、下部のものが上部のものの重量の爲に固まりて、塊状をなすことがある。之は手指の先で軽く押しつぶせる程度のもので、セメントが害を受けて居るのではないから、濕氣を吸収して固まつたものと混同してはならない。斯の如き場合には袋を床の上に落すか、轉がせばよい。

セメント貯蔵倉庫は、防水、防風的に造らなければならない。普通の現場に於ける木造倉庫などでは、床は地表面から30cm以上あける必要がある。セメントの取扱ひ上からは、倉庫の床面を、鐵道貨車又は貨物自動車の床面と同高に造つて置くのが便利である。特に地面からの濕氣を防ぐ必要がある時には、核剣にした床板を互に直角に2層用ゐ、其の間に防水紙の類を入れれば完全である。側壁にも防水紙を張れば濕氣豫防に有效である。

セメントは倉庫の側壁に觸れない様に積まなければならない。袋詰セメントを積み重ねる高さは最大14袋位である。斯の如き時には轉倒しない様に長手小口式に積むがよい。一時的ならば高く積んでもよいが、少し長く貯蔵する時には、7袋以上積み重ねない方がよい。之は、重量のために下部の袋のセメントが塊状になるのを防ぐ爲めと、倉庫内に於けるセ

メントの取扱ひの便利の爲めとである。

セメントを積込む時には、各部のセメントを容易に検査することが出来、且つ各荷毎に識別し得る様にする。

セメントを倉庫から取り出す時には、古いセメントから取出し、先に倉庫に入れたセメントが常に下積となることがない様に注意する。

工事中一時セメントを野天に置く時は、天氣の時でも、夜は、防水布で覆つておく必要がある。

セメントの貯蔵に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第19條 セメントの貯蔵

- (1) セメントは地上30cm以上に床を有する防濕的の倉庫に貯蔵し、検査に便利なる様配置すべし。
- (2) 6ヶ月以上貯蔵し、又は濕氣を受けた疑あるセメントは再試験を行ふべし。
- (3) 幾分にて凝結したるセメントは工事に使用すべからず。』

第6節 セメント混和材

§ 48. セメント混和材の種類

セメント混和材には、粉末状のものと、液體状又は溶液として用ゐられるものがある。粉末の混和材としては、珪藻土、火山灰、等の珪酸質物質が多く用ゐられる。優良な珪酸質混和材に對する條件は、(1) 水酸化石灰と常溫でよく化合し、コンクリートの強度及び水密性の増進及び其の他のコンクリートの性質を改善すること、(2) 可溶性珪酸の量が多いこと、(3) 粒子が小さく、比重がなるべく重くてセメントとよく混和すること、(4) 供給を受けることが容易で、價格が低廉であること、等である。

コンクリートの水密性を増加する目的で消石灰及び粘土などを用ひることもある(§ 336及び§ 337参照)。

溶液として、最も普通に用ゐられるものは、鹽化カルシウム(CaCl₂)である。

§ 49. 混和材使用の目的

一般に、コンクリートに混和材を使用する目的は、

- (1) コンクリートに於ける材料の分離を防ぎ、齊等性のコンクリートを造ること、

- (2) コンクリートの流動性を増加すること、
- (3) セメントの水和の際に生ずる水酸化石灰と化合させて、コンクリートの強度を高めること、
- (4) 水密性を大ならしめること、
- (5) 海水の作用に対する抵抗力を大ならしめること、
- (6) セメントの使用量を節約すること、

等である。

珪酸質の混和材即ち珪藻土、火山灰、等の混和材が、コンクリートの強度の増進、水密性の増加、化学的作用に対する抵抗力の増大、等に對して有効である理由は、§ 41 に述べた通りである。

液體又は溶解して用ゐる混和材は、コンクリートの凝結硬化の促進又は水密性の増大等の目的に使用される。

§ 50. セメント混和材の價值

品質のよいセメント混和材を適當に使用して、好結果を得た實例は決して尠くない。然し品質が適當でなかつたこと、セメントとの混合が十分でなかつたこと、等の爲に、失敗を招いた例もある。コンクリートの施工に於ける混和材の缺點は、之をセメントと十分に混合することが頗る困難であること、使用水量の少し多いコンクリートに於て混和材が分離してレイタンスを生じ易いこと、等である。

混和材がコンクリートの性質及び價格に及ぼす影響は、混和材の種類及び其の使用量によつて異なるが、セメントの性質、骨材の粒度、及びコンクリートの配合にも大きい關係がある。同じ種類のセメントを使用するコンクリートでも、セメントの製造工場が異ると、混和材の影響が異なるものである。

火山灰及び珪藻土の様なものは、其の産地が異ると、其の成分其の他も非常に異なる。従つて、或るポルトランドセメントと或る火山灰とを使用した場合に好結果を得たにしても、他の工場で製造するポルトランドセメント又は他の火山灰を使用する場合に常に同様な結果が得られるとは限らない。猶ほ、是等の混和材は、同一産地のものでも、其の品質が一定でない場合も多い。

それで、如何なる混和材が最も良いかと言ふことは一般的に言へない。殊に、コンクリートのウオーカビリチーを良くする目的で混和材を使用する様な時にそうである。故に混和材を使用せむとする時は、其の性質及び經濟的關係について十分研究しなければならない。

一般に、適當な材料と適當な配合を用ゐるコンクリートに於ては、混和材の使用を必要としない。比較的貧配合のコンクリートに於て、細骨材が粗である時、水の分離を防ぐために、混和材の使用が考へられる。依つて、混和材を使用すべきか否かを決定するには、セメント使用量の増加、粒度のよい骨材の使用、使用水量の制限を一層嚴密にすること、等の方法により、經濟的に所望のコンクリートが得られないかどうかと、比較研究しなければならない。

斯く、混和材の使用による利益は、場合によつて異なるのであるから、混和材を使用する時には、其の混和材がコンクリートの強度、容積變化、耐久性及び密度、等に及ぼす影響を試験して、其の使用方法を決定すると同時に、絶へず混和材の品質を試験することが必要である。

或る狀況に於ては、混和材の使用により、他の方法では經濟的に得られない特性をコンクリートに與へ得ることは事實である。然し、混和材を使用しても、良いコンクリートを造るために必要な施工を怠れば、効果はないものであることに留意しなければならない。

之を要するに、セメント混和材の價値は、各々の工事につき、各個に論すべきで、之を一般に定めることは出來ないものである。

混和材の使用法に就いては、§ 97 (5) 及び第15章第2節、等に述べてある。

§ 51. 鹽化カルシウム

コンクリートの修繕工事や、寒中コンクリート工事の場合などに於て、コンクリートの硬化を促進する目的で、最も普通に使用される混和劑は、鹽化カルシウムである。

鹽化カルシウムを適度に使用すれば、早期に於けるコンクリートの強度が大きくなる。但し、長期強度にはあまり關係がない。

適當な使用量は、セメントの性質によつて異なるから、試験の上で、之を決定するのが安全である。普通の場合、セメント重量の1%乃至5%の範圍で使用される。1%乃至3%の程度は、引張強度に餘り影響がないが、早期の壓縮強度を高めるに効果がある。使用量が大きすぎるとコンクリートが瞬結し、強度が減ずる。

鹽化カルシウムは潮解し易いから、密封して之を貯藏し、使用の際、密封罐から出して、之を混合用水に溶解する。

第4章 骨材及び水

第1節 總 說

§ 52. 概 說

モルタル又はコンクリートを造るために、セメント及び水と混合する砂、砂利、碎石其他之に類似の材料を**骨材**と言ふ。

骨材は、其の大きさ、出所、礦物組成、等に関して分類される。

骨材は、便宜上、粒の大きさによつて、**細骨材**と**粗骨材**とに分けられる。鉄筋コンクリート標準示方書第2條によると、細骨材は「骨材篩分け試験標準方法」(§ 427 参照)に規定する板篩 10 (圓孔の徑 10 mm) は全部之を通過し、板篩 5 (圓孔の徑 5 mm) は 85% 以上通過する骨材であり、粗骨材は板篩 5 に少くとも 85% 残留する骨材である。猶ほ、便宜上、其の粒の大きさによつて、例へば、粗砂、粗砂利、細砂、細砂利などと言ふ様に分類される。

骨材は出所に關して、之を天然骨材と、人工骨材とに分類することが出来る。天然骨材には、氣象、流水、氷河、等の作用で出來た河砂、河砂利、海砂、海砂利、山砂、山砂利のほか、各種の岩石を碎いて造る碎砂、碎石、等がある。人工骨材は特種のコンクリートに使用されるものである。例へば、重量の軽いコンクリートを造る時の骨材として粘土を焼成して造つた骨材 (§ 78 参照)、石炭燼、等の様なものである。

重量の殊に大きいコンクリートを造る目的に對しては、磁鐵礦又は各種の屑鐵が骨材として用ゐられる。

§ 53. 骨材として必要な性質

性質の悪い骨材を使用した爲に、コンクリートが過早に腐蝕したり、崩壊したりした例は尠くない。

骨材として必要な性質は、

- (1) 清淨で有害物質の有害量を含まないこと、
- (2) 堅硬であること、
- (3) 密度が大で、強固であること、
- (4) 耐久的であること、

- (5) 粒形が立方又は球に近いこと、
- (6) セメント糊との附着力の大きい表面組織を有すること、
- (7) 大小粒混合の程度、即ち粒度が適當であること、
- (8) 所要の重量を有すること、
- (9) 特に耐火的のコンクリートを造る時は、之に適する性質を有すること、

等である。

(1) セメント糊が骨材とよく附着する爲め、又、セメント糊に害を與へることが無い爲に、骨材は清淨でなければならぬ。骨材に有害な物質のうちで、最も普通のもは、塵埃、シルト、粘土、有機不純物、各種の鹽類、等である。是等は、骨材中に混じて居ることもあり、又、骨材の表面に附着して居ることもある。

シルトや粘土が有害量在ると、コンクリートの容積變化を大ならしめ、コンクリートに龜裂の生ずる恐れが大きくなる。又、所要水量の増大及びそれ自身が弱いために、コンクリートの強度を減ずる。但し清淨で微細な石英は、コンクリートのウオーカピリチーを良くし、又、コンクリートの強度を増大することがある。

粘土、ロームなどが骨材の表面に密着しないで、骨材間に齊等に分布して居れば、貧配合のコンクリート又はモルタルに於ては、夫等の強度を増加する場合もある。然し、骨材表面に附着して居ると、常に甚だ有害である。

粘土、シルトなどが附着した砂の、コンクリート又はモルタルとしての強度を試験する目的で、砂を實驗室に運搬する時は、採集した儘、乾燥しない様に注意しなければならない。乾燥させると、粘土やシルトが骨材表面から取れて骨材に平等に分布し、貧配合のコンクリート又はモルタルに於ては、此の砂を洗滌したものよりも高い強度を示すことがある。

有害物質の許容量に就いては、§ 62 及び § 72 に述べてある。

(2) 骨材は磨耗に耐へるため堅硬でなければならない。堅硬の程度は磨耗試験で試験する。磨耗試験による重量減量の許容量に就いては、§ 74 に述べてある。

(3) 骨材は、水密性が大きいため密度が大であり、衝撃に耐へるため強靱であり、荷重に耐へるため強固であることを要する。

粗骨材は、一般にコンクリート中のモルタルの強度よりも大きい強度のもでなければならない。コンクリートの強度が、水セメント比によつて定まると言ふことは、使用する粗骨材の強度がセメント糊の強度よりも大きい範圍丈に成立つものである。

骨材の強靱性は、衝撃試験で試験する。

骨材の強度は、母岩の壓縮強度によつて之を定めることもあり、又、其の骨材で造つたコ

ンクリート又はモルタルの壓縮強度と、標準とすべき性質の骨材で造つたコンクリート又はモルタルの壓縮強度とを比較して、之を判定することもある。

(4) 骨材は、氣象作用其の他に耐へ得るために耐久的でなければならない。水分の吸収、又は、溫度變化、等により、コンクリートを害する様な容積變化を生じてはならない。

骨材の耐久性は凍結融解試験、硫酸ナトリウム試験、等で試験する。

(5) 骨材の形が立方形又は球形に近く、鋭角が少く、最大な寸法と最小な寸法の差が小さいものは、一定の細粗骨材配合比に對して流動性のよいコンクリートと與へ、水セメント比を小さくすることが出来るから、強度の高いコンクリートを得るに適する。

(6) 骨材の表面組織は骨材とセメント糊との附着強度に大きい影響を及ぼし、従つて、コンクリートの強度に影響する。

骨材とセメント糊との附着強度は、骨材表面の粗滑によることは勿論であるが、骨材の表面にセメント糊が吸込まれるために、大きい附着強度を出すことがある。それで、一見表面が平滑に見える骨材も、粗面を有するものよりも、附着強度の大きいことがあるのである。

骨材とセメント糊との附着強度が適當であるか否かは、コンクリート又はモルタルの強度試験の結果から判定する。

(7) 骨材は所要のウオーカビリチーのコンクリートを造るに適し、又、經濟的のコンクリートが得られる様な粒度を有しなければならない (§ 58 参照)。

骨材の粒度は、篩分け試験で決定する (§ 59 参照)。

(8) 骨材は、重量の大きいコンクリートを造らうとするか、又は、重量の小さいコンクリートを造らうとするかにより、之に應ずる重量を有しなければならない。

(9) 耐火的のコンクリートを造るに適する骨材に就いては、§ 76 に述べてある。我國內地に於ては、一般に、上記の條件に適する骨材を入手することが、比較的容易である。

§ 54. 骨材の單位容積重量

コンクリートの配合の決定及び出来上りコンクリートの容積の計算、等のために必要な骨材の性質は、單位容積重量、比重、含水量及び粒度、等である。

✓ 骨材の單位容積重量と言ふのは、骨材の 1 m³ の重量のことである。之は、コンクリートの配合を容積で示すため (§ 99 参照)、骨材を容積で計量するため、等に必要である。

骨材の單位容積重量は、一定の容器を充すに要する骨材の重量を測つて求める。

骨材の單位容積重量は、骨材の (1) 比重、(2) 粒度、(3) 縮固めの程度、(4) 含水量、等によつて異なる。

他の事情が同じであれば、比重の大きい骨材ほど單位容積重量の大きいことは明白である。骨材の粒度は、空隙率に影響を及ぼし、従つて單位容積重量に影響する。

縮固めの程度が、單位容積重量に大きい影響を及ぼすことも明白である。

含水量の變化による粗骨材の單位容積重量の變化は比較的小さいものであるが、細骨材に於ては表面水により膨み (§ 64 参照) を生ずるので、其の單位容積重量が乾燥して居る時よりも、細砂に於て 25%、粗砂に於て 15% 位まで小さくなる。

それで、各種骨材の單位容積重量を比較する目的に對しては、標準試験方法 (§ 430 参照) に依つて、之を測定しなければならない。單に骨材の單位容積重量と言ふ時は、標準試験方法によつて測定した時の値である。標準試験方法は、一定の容器内に、骨材を突棒で突固めた時の値を測定するから、之を棒突き法 (rod method) と言ふことがある。

容積で骨材を計量する時には、濕つた輕盛の状態に於ける骨材の單位容積重量を知る必要がある。

骨材の單位容積重量は、之に影響する前記の事項のために、各種の骨材に就いて大分の差がある。普通の骨材に對する略値は第 8 表の如くである。

第 8 表

骨材の單位容積重量

骨材の種類	状態	單位容積重量 (kg/m ³)	
		輕盛の時	突固めた時
細骨材	乾燥	1450—1600	1520—1850
	濕潤	1360—1520
粗骨材 大きさ 5 mm 乃至 15 mm	乾燥 又は 濕潤	1450—1550	1570—1680
	乾燥 又は 濕潤	1450—1510	1480—1600
粗骨材の最大寸法が 40 mm の時、細粗骨材 の混合骨材	乾燥	1760—2000
	濕潤	1600—1850

第 8 表に於て、乾燥状態の骨材を突固めた時の單位容積重量は、標準試験方法によつた時の値である。

單位容積重量は、輕盛の時、十分ゆり込むだ時よりも、20% も小さいことがある。砂利の方が、一般に、碎石よりも空隙が少いため、單位容積重量が大きい場合が多い。

§ 55. 表面水及び吸水量

骨材の含水量により、骨材の状態を次の如く區別することが出来る。

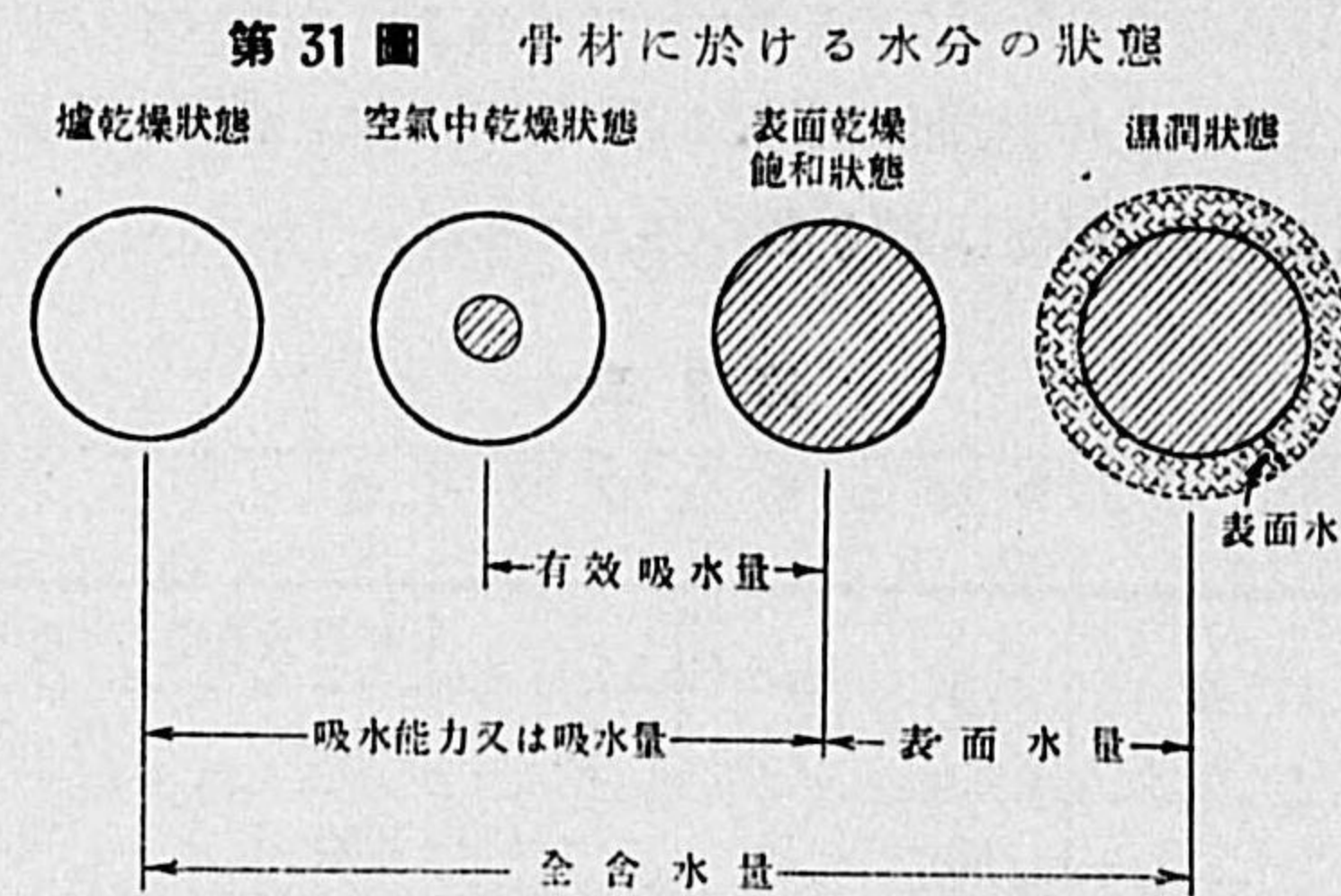
(a) **爐乾燥状態** 乾燥爐により、 110°C を超過しない温度に於て定重量となる迄、加熱乾燥したもの。

(b) **空气中乾燥状態** 粒の表面に水分がなく、内部には幾分の水分があるが、飽和して居ないもの。

(c) **表面乾燥飽和状態** 粒の表面に附着せる水即ち**表面水**がなく、粒の内部の凡ての空隙が水で飽和されて居るもの。

(d) **濕潤状態** 骨材粒の内部が水で飽和され、且つ表面水を有するもの。

骨材に於ける水の状態を圖解すると、**第31圖**の如くである。



第31圖に於て、太い線は骨材粒を、影線は水分の存在を示す。

コンクリート材料を混合した時、骨材粒の内部が水で飽和して居なければ、混合用水量の一部が骨材に吸収される。表面水が在れば、之が混合用水量の一部となる。故に、セメント糊の濃さを示すための水セメント比の計算、及び重量によつてコンクリート材料を計量する時の計算に於ては、骨材は表面乾燥飽和状態を基準とするのが適當である。

現場に於ける細骨材は、濕潤状態にあるのが普通である。粗骨材は洗つた直後に於ては表面水を有するが、表面水はちき蒸發するから、粗骨材は空气中乾燥状態であることも多い。

表面乾燥飽和状態に於て骨材粒に含まれる全水量を、**吸水能力**或は單に**吸水量**と言ふ。空气中乾燥状態から、表面乾燥飽和状態になるに要する水量を**有效吸水量**と言ふ。

吸水量試験の方法は § 433 及び § 434 に述べてある。

吸水量は、骨材粒の粗鬆の程度を示すものであり、之は又、爐乾燥によつて、骨材表面水

量を測定する時の計算に用ゐられる。

永く水に漬けた粗骨材は、其の表面水を拭き去れば、表面乾燥飽和状態と考へてよい。

細骨材の表面乾燥飽和状態は、普通、濕潤な細骨材が、丁度自由に流動する乾燥状態に達した時であるとする。試験方法は § 431 に述べてある。

骨材吸水量の近似値は、**第9表**の如くである。

第9表 骨材吸水量の近似値

骨材の種類	吸水量(百分率)
普通の砂	0-2
普通の砂利、石灰石碎石	1/2-1
脈岩及び花崗岩	0-1/2
砂岩	2-7

甚だ軽い多孔な骨材では、25% 以上に達することがある。

細骨材表面水の測定方法は、§ 435 に述べてある。

骨材含水量の近似値は、**第10表**の如くである。

第10表 骨材の含水量の近似値

骨材の状態	重量百分率	1 m ³ に含まれる水量(kg)
甚だ濡れた砂	5-10	67-134
普通に濡れた砂	3-5	45-67
濕めつた砂	1-3	17-45
濕めつた砂利又は碎石	1 1/2-2	8-34

骨材が粗粒である程、含水量が小さい。

骨材は粒が小さい程、多量の表面水を保有し得るものである。

§ 56. 比重、絶対容積及び出来上りコンクリートの容積

材料の比重は、材料の單位容積の重量と、水の單位容積重量との比である。骨材の比重と言ふのは、骨材粒の比重のことである。骨材粒には、其の母岩の種類により、密實で空隙の殆ど無いものと、相當粗鬆なものがあるが、コンクリートの配合設計其の場合に於ては、骨材粒に於ける空隙に關せず、骨材粒によつて占められる容積を必要とするから、所謂、嵩比重 (bulk specific gravity)、即ち表面乾燥飽和状態の骨材の比重を使用する。空隙を有する骨材粒の眞の比重を求めるとは、之を粉碎して、比重を測定しなければならない。

細骨材及び粗骨材の比重測定方法は、夫々、§ 431 及び § 432 に述べてある。

骨材の比重の近似値は、第11表の如くである。

第11表 骨材の比重

岩石の種類	比 重	
	平 均	範 圍
砂 岩	2.50	2.0—2.6
砂及び砂利	2.65	2.5—2.8
石灰岩	2.65	2.6—2.7
花崗岩	2.65	2.6—2.7
暗黒色の火山岩(Trap)	2.90	2.7—3.0

砂及び砂利は、普通、種々の岩石粒の混合したものであるから、其の比重は、最も多量に在る岩石粒の比重に關係するものである。

普通の場合、骨材の比重は、細骨材に對して 2.63 乃至 2.65、粗骨材に對し 2.65 と採つてよい。

比重に 1000 kg をかけたものが、骨材が固體としての 1 m³ の重量である。之を、骨材の**固體單位重量** (solid unit weight) と言ふ。

骨材の、與へられた量の重量を固體單位重量で割つたものが、其の骨材量の**絶対容積**である。即ち、

$$\text{絶対容積 (m}^3\text{)} = \frac{\text{重 量 (kg)}}{\text{比重} \times 1000}$$

である。

適當に造られた新しいコンクリート中に於ける空氣隙の全容積は小さいものであるから、之を無視すれば、使用した、水、セメント、及び骨材の絶対容積の和が、出來上つた新しいコンクリートの容積である。即ち、

$$V = \frac{w}{1000} + \frac{c}{1000 g_c} + \frac{s}{1000 g_s} + \frac{g}{1000 g_g}$$

茲に、

V = 出來上つた新しいコンクリートの容積 (m³),

w = 使用した水の重量 (kg),

c = 使用したセメントの重量 (kg),

s = 使用した細骨材の重量 (kg),

g = 使用した粗骨材の重量 (kg),

g_c = セメントの比重,

g_s = 細骨材の比重,

g_g = 粗骨材の比重,

である。

此の式から、或る配合及び水量のコンクリート 1 m³ を造るに必要な材料の量を求めることが出来る (§ 117 参照)。

§ 57. 骨材の空隙率

單位容積重量と比重とが既知であれば、空隙百分率は、次式で計算することが出来る。

$$\text{空隙百分率} = \frac{1000 \times (\text{比重}) - (1 \text{ m}^3 \text{ の重量})}{1000 \times (\text{比重})} \times 100$$

簡単に骨材の空隙を求めるには、骨材を充した容器の底から、靜かに水を入れ、入つた水の容積から、空隙を計算すればよい。然し、此の方法は、細骨材に對しては、甚だ不精確である。其の理由は、細骨材の表面に附着する空氣を、此の方法によつて、十分追ひ出すことが出来ないからである。

骨材の空隙百分率は次の如くである。

	空隙百分率
天然砂	27—47
碎石の篩ひ滓	33—50
粗骨材	30—55

或る比重の骨材に於て、單位容積重量が大きい程、空隙率が小さい。従つて、所要の性質のコンクリートを造るためにセメントの使用量が少なくてよいから、經濟的なコンクリートが得られる譯である。

§ 58. 粒 度

骨材の大小粒混合の程度を骨材の粒度と言ふ。

コンクリートに於ける細粗骨材の混合物が、適當な粒度を有することは、作業に適するウオーカビリチーのコンクリートが得られ易い爲め、及び、セメントの使用量を節約し得る爲に、大切である。

使用セメントの一定量に對し、粒度の適當な骨材を使用するコンクリートは、粒度が適當でない荒々しいものを使用する時よりも、欲するウオーカビリチーを得るために使用水量が少なくてよいから、強度の高いコンクリートが得られる。然し、コンクリートの性質に大きい

影響を及ぼすことなしに、使用し得る粒度の範囲がかなり広いことは、幸なことである。

普通のコンクリート工事に於て、細粗骨材の粒度が夫々適當であれば、細粗骨材の配合は、経験に基いた任意配合によつてよい。然し、大工事又は大切な工事に於ては、使用骨材をして最適の粒度を有せしめるために、特に研究するのが有利である。

骨材の適當な粒度を定めるに就いては、コンクリートが所要のウオーカビリチーを有すると同時に最大密度を有する様にする場合と、所要のウオーカビリチー及び性質のコンクリートに對してセメント使用量を最小にする様にする場合とがある。

是等の目的を達するために、各種大きさの骨材の配合を定める爲に、

- (1) 骨材の空隙を漸次小粒の骨材で充すと云ふ考へに基く方法 (§ 109 参照)、
- (2) 骨材の篩分け試験によつて得られる骨材の粒度を基とする方法 (§ 105 参照)、
- (3) 試的方法 (§ 113 乃至 § 115 参照)、

等が用ゐられて居る。

一般に、粒度の變化がほぼ均等であるものが適當である。然し、時としては、或る中間の大きさの骨材粒が缺けて居る方がよい場合もある。如何なる場合に於ても、或る特種の大きさの粒が過多に在る粒度のものは、常にコンクリートが荒々しくなつて悪い。

細粗骨材の粒度の標準に就いては、夫々 § 63 及び § 71 に述べてある。

§ 59. 篩分け試験

骨材の粒度は、篩分け試験によつて之を定める。

篩分け試験と言ふのは、篩の一組を、開き目の最小なものを最下において、開き目の大きさの順序に重ね、是等を通して骨材を篩分けることである。

篩には、網篩と板篩とがある。網篩は、金屬線を直角に織つたもので、正方形の目を有し、板篩は金屬板に圓孔を穿つたものである。

我國で使用される試験篩の規格は、JES 第 283 號 A 12 コンクリート骨材試験篩 (§ 427 参照) である。之は、細骨材に對し網篩を、粗骨材に對し板篩を規定して居る。

網篩目の開きに 1.207 を乗じたものが、此の網篩に等値な板篩の圓孔の直径である。

骨材の篩分け試験に於て、普通に用ゐられる各篩の篩目の開きは、次の小さい篩目の開きの 2 倍になつて居る。即ち、細骨材の篩分けに使用する網篩目の開きは 0.15 mm, 0.3 mm, 0.6 mm, 1.2 mm 及び 2.5 mm で是等を夫々網篩 0.15, 網篩 0.3, ……と呼び、粗骨材の篩分けに用ゐる板篩の圓孔の直径は、5 mm, 10 mm, 20 mm, 40 mm, 80 mm 等で、是等を夫々板篩 5, 板篩 10, ……等と呼ぶ。時としては、是等の中間の板篩 7, 15, 25, 30, 50 等も

用ゐられるが、是等は、多く粗骨材の最大寸法 (§ 70 参照) を定める場合に使用される。

骨材の篩分け試験については、土木學會の「骨材篩分け試験標準方法」 (§ 427 参照) がある。

篩分け試験の結果は、各篩を通過する量を試料全量に對する重量百分率で示すこともあり、各篩に留まる量を試料全量に對する重量百分率で示すこともある。

篩分け試験の結果の一例は、第 12 表の如くである。

第 12 表 骨材篩分け試験の結果及び粗粒率の計算例

網篩及び板篩	或る篩に止まつた試料の重量百分率					(b) 砂と砂利との混合したものの
	砂		利		(b) 砂と砂利との混合したものの	
	細砂	(a) 標準粒度の砂	5mm~20mm	5mm~40mm		
1	2	3	4	5	6	
板篩 40	—	—	—	0	0	0
〃 20	—	—	2	49	29	29
〃 10	—	—	59	81	49	49
〃 5	—	4	99	100	62	62
網篩 2.5	9	15	100	100	66	66
〃 1.2	28	37	100	100	75	75
〃 0.6	49	62	100	100	85	85
〃 0.3	79	85	100	100	94	94
〃 0.15	96	98	100	100	99	99
粗粒率	2.61	3.01	6.60	7.30	5.59	

第 12 表に於て (a) は、コンクリートに用ゐる砂として、一般に適當な粒度のものである。

(b) は、第 3 列の砂 40% と、第 5 列の砂利 60% とを混合した骨材である。

細粗骨材の篩分け試験の結果が夫々既知であれば、是等を或る割合に混合した骨材の篩分けの結果を、計算で求めることが出来る。即ち、或る篩に止まる細粗骨材の混合物の百分率を求めるには、細骨材が其の篩に止まる百分率に細骨材の使用量の混合物全量に對する比を乗じたものと、粗骨材の其の篩に止まる百分率に、粗骨材の使用量の混合物全量に對する比を乗じたものとを加へればよい。例へば第 12 表の第 3 列の砂を混合物全量の 40% と、第 5 列の砂利を混合物全量の 60% とを混合した骨材の板篩 10 に止まる百分率は、

$$0 \times \frac{40}{100} + 81 \times \frac{60}{100} = 48.6\% \approx 49\%$$

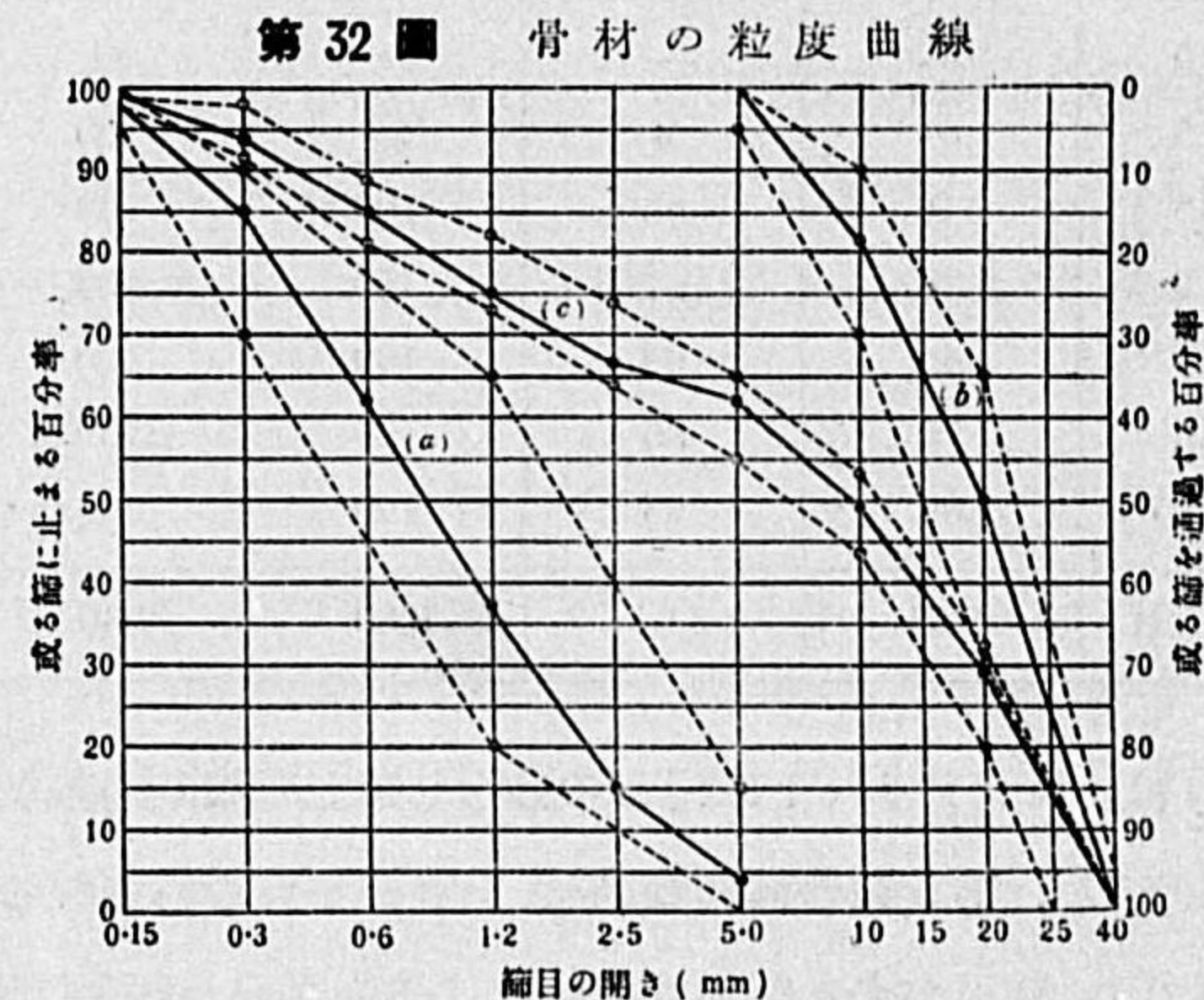
であり、網篩 2.5 に止まる百分率は、

$$15 \times \frac{40}{100} + 100 \times \frac{60}{100} = 66\%$$

である。

骨材篩分け試験の結果は、**粒度曲線**で之を示すのが便利である。縦距に、或る篩を通過する試料の重量百分率、又は或る篩に止まる試料の重量百分率を採り、横距に、篩目の開きを採つて粒度曲線を畫く。篩目の開きを示すには、算術的の尺度を用ゐてもよいが、對數的の尺度を用ゐる方が便利である。それは、普通用ゐられる試験篩の1組に於て、或る篩と次の篩との目の開きの比が一定になつて居るから、篩目の開きの對數の間隔が等間隔になるからである。

第32圖の粒度曲線(a)及び(b)は、夫々**第12表**の第3列及び第5列の骨材の粒度曲線を示したものである。横距には對數尺度を用ゐ、左から右への等間隔の線が、篩の1組に於ける篩目の開きを示す。**第32圖**の粒度曲線(c)は、**第12表**第6列の細粗混合骨材に對するものである。



圖に示してある篩目の開きの間の開きの篩にたいしては、開きの對數の差の比によつて、横距を定めればよい。之は計算尺の目盛を利用すれば極めて容易に出来る。

細骨材の篩分けには網篩を、粗骨材には板篩を使用するのであるから、**第32圖**の様な、篩分け試験の結果を示す圖の横距は、正しく言ふと、凡て網篩の開きに換算するか、又は、凡て板篩の開きに換算して示すべきであるが、元來、此の種の圖は單に粒度の傾向を大觀するに便利のために使用するものであるから、**第32圖**の様に、網篩も板篩も、單に其の目の開きを横距に採つて實用上大した支障がない。

骨材の標準的粒度が定まつて居る時、其の粒度曲線を畫けば、之によつて、標準粒度に近

い骨材を得るには、各種大きさの骨材を如何なる配合に混合すべきかを試的に求めるのに便利である。

骨材粒度の範囲が定められた時には、許容最小及び最大の粒度曲線を點線で畫いておくがよい。**第32圖**の細粗骨材に對する粒度曲線の上下にある點線は、鐵筋コンクリート標準示方書 (§ 63 及び § 71 參照) に規定された粒度の範囲を示したもので、粒度曲線が此の範囲内にある骨材は、標準示方書の粒度に合格する骨材である。又、**第32圖**の細粗骨材混合物の粒度曲線 (c) の上下に示してある點線は、最大寸法が 40 mm の砂利を用ゐ、セメントと骨材との配合重量比が 1:5 乃至 1:6 のコンクリートに對し、適當な粒度の範囲を示したものである。

細粗骨材の混合物に對し、一般的な理想的粒度はない。それは、或る場合に理想的である粒度も、他の場合に對して理想的でないからである。

§ 60. 粗 粒 率 (Fineness Modulus)

骨材篩分け試験の結果から、粗粒率と稱する實驗的係数を計算することがある。

粗粒率は、骨材の粒度を示す一つの手段となるのみならず、之によりてコンクリートの經濟的配合を定めたり、又、骨材粒度の齊等性を判斷したり (§ 63 參照)、するために用ゐられる。

粗粒率と言ふのは米國の Tyler 會社製の標準篩 No. 100, No. 48, No. 28, No. 14, No. 8, No. 4, $\frac{3}{8}$, $\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 等の1組を用ゐて、篩分け試験を行ひ、各篩に止まる試料の重量百分率の和を 100 で割つたものである。

JES 第 238 號 A12 コンクリート骨材試験篩には、細骨材に對し網篩を、粗骨材に對して板篩を使用することが規定してあり、篩目の開きも Tyler の標準篩と異なるから、我國の規格の篩を用ゐて、直接に、米國で言ふファイネス モデュラスを計算することは出来ない。

然し、Tyler の標準網篩の代りに JES の網篩 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, 2.5, 板篩 5, 10, 20, 40 等の1組を用ゐ、上記の様にして粗粒率を計算しても、Tyler の網篩を使用する場合に較べて、差は數パーセントに過ぎないから、實用上の目的に對しては、日本の規格の篩を用ゐた篩分け試験の結果から、**第12表**に示してある様に、直接、粗粒率を計算してよい。ただ、米國の本に書いてある値との間に幾分の差のあることだけは忘れてはならない。

骨材の粗粒率が示す大體の意味は、次の如くである。今、網篩 0.15 を第 1, 0.3 を第 2, 0.6 を第 3, 1.2 を第 4, 2.5 を第 5, ……等と名づけると、粗粒率は、近似的に、骨材が止まつた、篩の1組の、平均の篩を示すものである。即ち、ある砂に對して粗粒率が 3 であると

ふのは、第3の網篩 0.6 が、此の砂が止まる篩の平均の篩であることを示すものである。

或る粗粒率を與へる粒度は無數にある。之が粗粒率の使用について、特に不利な點である。故に、粗粒率は粒度がほぼ同様である骨材の粒度を比較する時のみ、之を利用するのが適當である。

骨材の粗粒率は、細骨材に對し 2.6 乃至 3.1、粗骨材に對し 6 乃至 8 がほぼ適當であるとされて居る。

第2節 細骨材

§ 61. 概 説

細骨材には、天然に産する山砂、川砂、海砂、等のほかに、岩石、鑛滓、等を碎いて造る碎砂、其の他に之に類似の材料がある。碎石の篩ひ滓も微粉粒を篩ひ去れば、細骨材として使用出来る。

碎砂は天然砂が非常に高價な場合に使用される。然し、碎砂もなかなか高價なもので、大東亞戦争以前でも、1 m³ が 7 圓乃至 8 圓位であつた。又、母岩と機械とが餘程適當でない、と、良質のものが得られない。

砂の石質は石英質のものが最良とされて居るが、石灰質のものも悪くはない。

細骨材粒の形状は、欲する強度及びウオーカピリチーを有するコンクリートを經濟的に製造し得ると言ふ點からは、球状のものが鋭角のものよりも幾分優つて居る。但し、磨耗に抵抗するを要するコンクリートにあつては、鋭砂の方がよい。

粘土、ロームなどは、砂の表面に密着しないで、齊等に分布されて居るものであれば必ずしも有害でなく、貧配合のコンクリート又はモルタルに於ては、却つて、強度を増加するものであるが、是等が砂の表面に附着して居る時は、甚だ有害である。

砂に於ける粘土、塵埃、等の有無は肉眼で判断出来る。又、砂の少量を掌上に置いて指頭で摩擦すると、粘土などがあれば、之が掌に附着することでも知れる。是等の量を求めるには、骨材洗試験標準方法 (§ 428 参照) に依る。

雲母を多量に含有する砂は悪い。雲母は、層狀構造をなし、其の粒が薄く、碎け易い。又、飽和するか、凍結するか、溫度變化に遭ふ時、膨脹して、劈開面で破壊する。依つて、雲母を多量に含む砂を用ゐると、コンクリート又はモルタルの強度が弱いのみならず、雲母が風雨の作用を受けて腐蝕するからよくない。殊に、磨耗に抵抗すべきコンクリートに於て、雲

母は有害である。

硫黄質を含有する細骨材は鐵筋を腐蝕させる恐れがあるから、之の使用を避けなければならない。

石炭は弱いから有害である。然し硬い種類のもが少量であれば、必ずしも有害でない。

石炭は比重が小さいから、微粉は洗へば之を取去ることが出来ることも屢々ある。

海砂は鹽分を含んで居るから、鐵筋コンクリート用としては、之を清水で洗つて使用するがよい。但し、混合用水に海水を用ゐる様なコンクリート工事に於ては、海水で洗つて使用すればよい。

砂が有機不純物を含むと、コンクリート又はモルタルの強度を減ずるのみならず、時としてはコンクリートが硬化しないこともあり、又、コンクリートの崩壊を來す原因となることもあるから、有機不純物は極めて有害である。内地の砂で、有機不純物の有害量を含むで居るものはあまりないが、朝鮮、滿洲では其の例が甚だ多い。有機物の有無は肉眼ではわからないから、一般に有機物の試験を行ふ。有機不純物に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第10條 細骨材に於ける有機不純物』

天然砂は『砂の有機不純物試験標準方法』(附録第3章) に依りて試験すべし。

試験溶液の色合が標準色より濃き場合には、其の砂を使用したるコンクリート又はモルタルの壓縮強度が所要強度を下らざる場合に限り、之を使用することを得。』

・ 有機不純物試験標準方法は、§ 429 に述べてある。此の標準方法で試験すれば、天然砂に含まれて居る有機不純物の大體の程度を知ることが出来る。試験溶液の色合が標準色よりも濃い場合には、其の砂を使用しないのが一般に安全である。然し、此の試験方法は、有機不純物の含有程度を極く大體に示すだけで、此の試験に不合格な砂はコンクリート又はモルタルに使用することが必ず出来ないと断定し得る程、確定的の結果を與へるものではなく、此の試験に不合格な砂の使用に就いては、強度其の他の試験を行ふ必要あることを示すだけである。故に、假令此の試験に不合格な砂も、之を使用して造つたコンクリート又はモルタルの壓縮強度が所定の強度を下らない場合には、之を使用してよいのである。

コンクリート工事の實際に當りては、人夫の無智識や、不注意の爲に、セメントの袋紙や、砂又は砂利置場の草葉、植物性土壌などの混入することがあるから、砂の取扱ひと貯藏とに就いては、十分の注意が必要である。砂を直接地面上に置いて泥土と混ざる様なことは、最も慎まなければならない。

鐵筋コンクリート標準示方書は、細骨材に就いて、次の様に規定して居る。

『第8條 總 則

細骨材は清淨、強硬、耐久的にして、塵芥、土壌、鹽分、有機不純物等の有害量を含有すべからず。』

§ 62. 細骨材の有害物含有量の許容量

細骨材の、コンクリートに有害な物質の含有量に關して、一般に必要と認められて居る制限は、第13表の如くである。

第13表 有害な物質の許容量

	許 容 量 (重量百分率)	
	標 準	最 大
粘土	1 以下	1½ 以下
石炭及び亞炭	¼ 以下	1 以下
網篩 0.075 を通過する物質		
(a) コンクリート表面が磨耗作用を受ける場合	2 以下	3 以下
(b) 其の他の場合	3 以下	5 以下

第13表に示してない、除去すべき物質の種類及び其の許容量は、過去の経験及び經濟的考慮によつて、之を決定しなければならない。

§ 63. 細骨材の粒度

細骨材は、板篩 10 は全部之を通過し、板篩 5 は之を 85% 以上通過し (§ 52 参照)、最大粒から微粒まで、大小粒が適當に混合して居るものがよい。微粒で粒大の揃つて居るものは最も悪い。理想的の粒度は、工事の種類及びコンクリート配合の貧富、等に依つて異なるものである。

同一單價の細骨材に於て、粒度が適當なものをを用れば、粒度が悪いものよりも、強度、水密性、其の他、所要の性質を有するコンクリートを、著しく經濟的に造ることが出来る。故に、經濟的見地から、なるべく粒度が適當な細骨材を使用しなければならない。

鐵筋コンクリート標準示方書は、細骨材の粒度に就いて、次の様に規定して居る。

『第9條 粒 度

細骨材は細粗粒適度に混合せるものにして、表-1 の範圍を標準とすべし。

表-1.

	重量百分率
板篩 10 を通過する量	100
板篩 5 を通過する量	85~100
網篩 1.2 を通過する量	45~ 80
網篩 0.3 を通過する量	10~ 30
網篩 0.15 を通過する量	0~ 5
洗試験に依りて失はるゝ量	0~ 3

篩及び篩分け試験方法は『骨材篩分け試験標準方法』(附録第1章)に依るべし。洗試験方法は『骨材洗試験標準方法』(附録第2章)に依るべし。』

試験篩及び骨材篩分け試験標準方法は § 427 に、洗試験標準方法は § 428 に述べてある。實際及び實驗上、表-1 の程度の粒度を有する細骨材を使用すれば、普通の場合、經濟的に所要の目的を達するコンクリートが得られる。一般に、川砂で荒い粒と細かい粒との混合したものは、此の表に近い粒度を有する。

表-1 に於て、粒度の比較的廣い範圍が示してあるのは、もつと制限的な條件に合致する細骨材を經濟的に得られない場合をも含むで居るためである。

貧配合のコンクリート、又は細粒の粗骨材を使用してウオーカビリチーのよいコンクリートを得むとする時、等に於ては、各篩を通過する量が最大値に近づく様に、粒の大きさの許容範圍を一層制限することが望ましい。然し、富配合のコンクリートに對しては、最大強度及び經濟的見地から、作業に適するウオーカビリチーの得られる範圍にて、荒い粒度にするのが適當である。然し、如何なる場合に於ても、粒度の範圍は次表に示すよりも一層制限的にしないがよい。

	範 圍
網篩 1.2 を通過する量	20% 又はそれ以下
〃 0.3 〃	15% 又はそれ以下
〃 0.15 〃	5% 又はそれ以下

工事現場の附近で、適當な粒度の細骨材が得られない場合、他から粒度の適當なものを求めて使用すべきか否かは、主として經濟上から判断すべき事柄である (§ 81 参照)。

齊等性のコンクリートを造るためには、供給される細骨材の粒度が一定でなければならない。それで、細骨材の粒度を管理するには、細骨材が現場に供給される前に其の代表的試料を採つて、其の粗粒率を試験しておくがよい。そして、工事中供給される細骨材の粗粒率が、代表的試料の粗粒率に對し、± 0.20 以上の變化を示す時は、その砂を不合格とする。若し、斯の如き細骨材でも使用する必要ある場合には、コンクリートの配合及び水量を變化して、

所要の性質のコンクリートを得ることにつき、特に注意を要する。

§ 64. 細骨材の膨み

細骨材に於ける表面水は、骨材粒の間隔を大ならしめ、細骨材が最小容積を占める様に粒が互に落付くのを妨げるから、細骨材の容積を増大する。此の現象を**細骨材の膨み**と言ふ。細骨材の膨みにより、細骨材の単位容積重量が大分減じ (§ 54 参照)、又、空隙率が大いに増大する。

細骨材の膨みは其の粒の大小及び水分に関するもので、一般に、細粒の砂は、表面積の總和が大きいから、膨みが大きい。

砂の容積を、§ 430 に示してある単位容積重量測定の方法、即ち棒突き法、によつて測ると、最大膨みは大凡重量で 5% 乃至 6% の水分を含むだ時に起り、砂の細粗によつて乾燥した時に比して 10% 乃至 30% の膨みを生ずる。重量で 1% 乃至 2% の水分を含んだ時 10% 乃至 20% の膨みを生ずる様なこともある。猶ほ水分が増加すると膨みが減じ、重量で 16% 乃至 20% 以上の水分を含むで全く水で飽和されるに到ると、殆ど乾燥状態の時の容積に等しくなる。水で飽和された砂、即ち水に浸してある時の砂、の容積が乾燥した砂を標準方法で測つた時の容積と實際上相等しいと言ふ此の性質は、砂を容積で正確に計量する場合に利用される。

以上に示した膨みの数字は、棒突き法で容積を測つた時のもので、砂を弛く盛つた場合には、以上の値よりも 30% 乃至 50% も増加することがある。

現場では乾燥した砂を使用し得る場合は尠く、多少の水分を含むだものを用ゐるのが普通であるから、容積で砂を量る時には、膨みの影響を考慮しなければならない。是等の事項に就いては、§ 123 に述べてある。

骨材の含水量の近似値は **第10表** (§ 55) に示してある。

§ 65. 細骨材の耐久性

コンクリートが、風雨、寒暑、等の作用を受ける時、耐久性の大きいコンクリートを造るためには、耐久的な性質の細骨材を使用しなければならない。

細骨材の耐久性は、其の細骨材を使用した過去の経験から、之を判断するのが適當である。然し過去の経験がない時には、促進耐久試験を利用する。

促進耐久試験には、凍結融解試験及び之に類似な、硫酸マグネシウム ($MgSO_4$) 試験又は硫酸ナトリウム (Na_2SO_4) 試験、等がある。此のうちで硫酸ナトリウム試験が廣く用ゐら

れて居る。

氣象作用共他の腐蝕作用を受けるコンクリートに使用する細骨材は、硫酸ナトリウム試験を 5 回繰返す時、重量減少百分率が 8% 以下を標準とし、最大 12% 以下でなければならぬ。但し、試験の結果が上記の條件に適合しない細骨材でも、之を使用したコンクリートが、尠くとも 5 年間氣象作用に對して良好な成績を示して居る場合には、之を使用してよい。

§ 66. モルタルとしての細骨材の強度試験

モルタルとしての細骨材の強度試験 (§ 438 参照) は、コンクリートとしての強度の見地から、適當な性質の細骨材を選択する目的で行はれるものである。

試験すべき細骨材で造つたモルタル供試體の強度は、同じセメントと標準砂とで造つた同様な供試體の強度の尠くとも 90% でなければならぬ。試験の材齡は、普通ポルトランドセメントを使用する時 7 日以上、早強ポルトランドセメントを使用する時 3 日以上とする。

90% と言ふ數値は、試験の際に於ける避けがたい誤差に對して、10% の餘裕を採つたものである。

第3節 粗骨材

§ 67. 概 説

粗骨材は、板篩 5 に少くとも 85% 残留する骨材である。粗骨材としては、砂利又は碎石が普通に用ゐられる。砂利と碎石とを混用する場合もある。

砂利の種類には、山砂利、川砂利、及び海砂利、等がある。いづれも、清浄で、不純物の有害量を含有してはならない。死石は之を取去らなければならない。山砂利、陸掘の砂利は之を洗滌する必要がある。海砂利の使用に就いては、貝殻を混じらないこと、洗滌して鹽分を取去ることに注意を要する。

碎石は、花崗岩、角閃岩、玄武岩、石灰岩、砂岩、等を、手又は碎石機で破碎して造つたものである。ガラス質の石は碎石として、一般に、不適當である。

熔鑛爐鑛滓の碎石については、§ 75 に述べてある。

輕量コンクリートを造るための粗骨材に就いては、§ 77 乃至 § 80 に述べてある。

耐火的のコンクリートを造るための粗骨材に就いては、§ 76 に述べてある。粗骨材につき、鉄筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第12條 總 則』

粗骨材は清浄、強硬、耐久的にして、軟質、脆弱、扁平、細長なる石片、鹽分、有機不純物等の有害量を含むべからず。粗骨材は少くともコンクリート中のモルタルと同程度の強度を有することを要す。特に耐火性を必要とする場合には、コンクリート中に於て耐火的なる粗骨材を使用すべし。』

§ 68. 粗骨材の石質

粗骨材の石質は、一般に、堅硬強固で、風雨寒暑の作用に耐へ得る耐久のものではない。鉄筋コンクリート用の粗骨材は、少くとも、コンクリート中のモルタルと同程度の強度を有することが必要である。コンクリートの強度が使用する粗骨材の強度によつて限定されることは、一般に、甚だ不経済である。それで、風化した死石や、凝灰石の様な脆弱なものを使用してはならない。

標準示方書第25條表-3 (§ 101 参照) に於けるコンクリートの壓縮強度とセメント水比との關係は、粗骨材の強度が、コンクリート中のモルタルの強度以上の場合に限り適用し得るものである。

普通の砂利は、一般に、コンクリートの骨材として十分な強度を有するものであるが、特に強度の大きいコンクリートを造る場合には、骨材の強度に就いて、相當に考慮する必要がある。

§ 69. 粗骨材の形状

粗骨材粒の形は立方形又は球形に近いものがよい。扁平なもの、細長なものは悪い。扁平なもの、細長なものは、鉄筋コンクリートに於て殊に不適當であつて、コンクリートが鉄筋及び型枠の間に十分行き互ることの妨げとなり、又、粗骨材の下側に空隙の出来る惧れが多い。

砂利と碎石と、粗骨材としていづれが優つて居るかと言ふに、鉄筋コンクリート用コンクリートとして、欲する壓縮強度とウオーカビリチーとを有するコンクリートを經濟的に製造すると言ふ點からは、一般に、砂利の方が優つて居る。碎石の方は、殊に手割の場合に、粒大が揃つて居るために空隙が大きいから、砂利を用ゐる場合と同じ丈のセメント及び砂を使用するとすれば、強度が弱く出ることもあり、水密性に於て劣ることもある。且つ、コン

クリートのウオーカビリチーは、砂利を用ゐたものの方がよいことは明白である。但し、碎石でも、粒形及び粒度が適當なものは、之でウオーカビリチーの良いコンクリートを造ることが出来、同一の水セメント比に對して、砂利よりも、強度の高いコンクリートが出来るものである。

一般に就いて言ふと、壓縮強度に於ては、砂利コンクリートと碎石コンクリートとの間に大きい相違はないが、引張強度及び曲げ強度に於ては、後の方が前者よりも幾分大きい。殊に、硬練りコンクリートを用ゐて十分な締固めをする時は、碎石の方がセメント糊と完全に附着する表面が大きい丈け強度が高い。故に、硬練りコンクリートを使用することが出来、曲げ強度及び磨耗に對する抵抗力の大きいコンクリートを必要とする舗装の場合などに於ては、一般に、碎石が砂利よりも優つて居る。

然し、實際の場合に、砂利を用ゐるか又は碎石を用ゐるかと言ふことは、一般に、價格の上から決定されるもので、特別の場合に、果して何れが使用の目的に合し、且つ經濟的であるかは、實驗の結果によつて判断しなければならない。

§ 70. 粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法は、重量で、骨材の少くとも、90% が通過する最小な篩目の開きを以て示される。それは、粗骨材には、形の扁平なもの、細長なものが混じて居るのが普通であるので、粗骨材の粒を單獨に計つて其の最大寸法を、其の粗骨材の最大寸法とすることは實際に適當でないからである。

粗骨材の大きさについて何等の制限がない時、最大寸法の大きい粗骨材を使用すれば、大いにセメントの使用量を節約することが出来る。それは、粗骨材の最大寸法を大きくし、粗骨材の大小粒混合の範圍を大きくすれば、與へられたセメント糊により、混吊しうる骨材の量を増大することが出来るからである。

それで、コンクリートの混合、取扱ひ、打込み其の他の施工が安全且つ容易に出来る範圍に於て、最大寸法の大きい粗骨材を用ゐるのが得策である。然し、或る水セメント比のセメント糊の一定量に對して、所要のウオーカビリチーを得るためには、或る最大寸法の粗骨材の使用量について、制限のあるものである。最大寸法が 60 mm 乃至 120 mm の範圍に於ては、利用出来る最大寸法の骨材を使用するのが經濟的であるか否かについて、十分研究する必要がある。經驗によると、混合、運搬、打込み、等の作業が有効にでき、且つ齊等性のコンクリートが得られるためには、粗骨材の最大寸法を 150 mm 以下とするのが適當である。最大寸法が 150 mm 以上では、取扱ひ及び打ち方に困難を感じる。普通の場合、無筋コン

クリートに於ける粗骨材の最大寸法は 75 mm である。

各種の工事に對する粗骨材の最大寸法の標準は **第18表** 及び **第20表** に示してある。

鉄筋コンクリートに於て、粗骨材の最大寸法は、鉄筋相互の間隔及び型枠と鉄筋との間隔、型枠の大きさ、コンクリートの取扱ひの容易、等から定められる。

粗骨材の大きさは、粗骨材が鉄筋の間を自由に通過し、又、鉄筋と型枠との間に十分入込み得るものでなければならないことは明白である。粗骨材の最大寸法は、前に述べた様に、粗骨材の最大粒の最大寸法を言ふのではないから、粗骨材の最大寸法を鉄筋の最小純間隔に採ることは安全でない。それで、粗骨材の最大寸法は、鉄筋最小純間隔の $\frac{3}{4}$ 以下に定める。

鉄筋コンクリート標準示方書 第80條 (1) には、『梁に於て平行なる引張主鉄筋相互間の水平純間隔は 2.5 cm 以上にして、鉄筋直徑の 1.5 倍以上を標準とすべし。』と規定してある。此の規定の鉄筋純間隔を用ゐる時には、粗骨材の最大寸法は 19 mm 以下、又は鉄筋直徑の 1.1 倍以下、としなければならない。

最大寸法の大きい粗骨材を使用したコンクリートを小さい型に入れれば、齊等質のコンクリートを造り、且つ、コンクリート上面を平らにすることが、甚だ困難である。故に、型の大きさに依つて、使用すべき粗骨材の最大寸法を制限する必要がある。経験によれば、粗骨材の最大寸法を部材の最小寸法の $\frac{1}{5}$ 以下に制限すれば、以上の心配はない。コンクリート壓縮強度試験の供試體を造る時、骨材の最大寸法は、型の直徑の $\frac{1}{4}$ 以下とする。但し $\frac{1}{3}$ までは許容できる。

壓縮強度の大きいコンクリートを經濟的に造ると言ふ點からは、事情の許す限り、最大寸法の大きい粗骨材を使用するのが一般に有利であることは、既に述べた通りである。然し、最大寸法が 50 mm 以上である様な粗骨材を使用すると、假令、鉄筋相互の間隔及び鉄筋と型枠との間隔、等からは差支へないにしても、普通、鉄筋コンクリートに使用される流動性のコンクリートに於ては、材料の分離を起し易い。又、コンクリートの取扱ひにも不便が多い。それで、鉄筋コンクリートに於ける粗骨材の最大寸法は、50 mm 以下とする。普通の場合、30 mm を最大寸法と考へてよい。

鉄筋コンクリート標準示方書は、粗骨材の最大寸法に就いて、次の様に規定して居る。

『第13條 粒 度

(2) 粗骨材の最大寸法は、重量にて骨材の少くとも 90% が通過すべき篩目の開きを以て示すものとす。

(3) 粗骨材の最大寸法は 50 mm 以下にして、部材最小寸法の $\frac{1}{5}$ 、又は鉄筋の最小空間隔の $\frac{3}{4}$ を超過すべからず。』

§ 71. 粗骨材の粒度

粗骨材に於ても、細骨材に於けると同様に、大小粒が適度に混合して居ることが大切である。粒大の揃つて居るものは空隙が大きいから、同一強度のコンクリートを製造する爲に多量のモルタルを必要とし、従つてコンクリートの單價が高くなる。

或る最大寸法の粗骨材の粒度は、**第14表** を標準とする。

第14表 板篩を通過するものの重量百分率

篩目の開き 粗骨材の大きさ	150 mm	100 mm	80 mm	50 mm	40 mm	25 mm	20 mm	15 mm	10 mm	5 mm	網 篩 2.5 mm
5mm — 15mm							100	90-100	40-75	0-15	0-5
5mm — 20mm						100	90-100	—	20-55	0-10	0-5
5mm — 25mm					100	90-100	—	25-60	—	0-10	—
5mm — 40mm				100	95-100	—	35-70	—	10-30	0-5	—
5mm — 50mm			100	95-100	—	35-70	—	10-30	—	0-5	—
5mm — 80mm		100	95-100	—	40-75	—	20-40	—	5-15	0-5	—
5mm — 100mm	100	95-100	—	45-80	—	20-40	—	5-20	—	0-5	—
5mm — 150mm	95-100	—	50-85	—	25-50	—	10-30	—	5-15	0-5	—
20mm — 40mm	—	—	—	100	90-100	20-55	0-15	—	—	—	—
25mm — 50mm	—	—	100	90-100	35-70	0-15	—	—	—	—	—
50mm — 100mm	100	90-100	—	0-15	—	—	—	—	—	—	—

第14表 は、鉄筋コンクリート標準示方書 第13條 **表-2** に示された範囲も含むで居る。示された粒度の範囲は、骨材の供給者及び使用者の兩者の立場から無理のないものである。

それで、事情の許す限り、此の大きさ及び粒度の制限によるのが適當である。

§ 72. 粗骨材の有害物含有量の許容量

粗骨材の、有害物質の含有量に關して、一般に必要と認められて居る制限は、**第15表** の如くである。

第15表 有害な物質の許容量

	許 容 量 (重量百分率)	
	標 準	最 大
脆弱な石片	2 以下	5 以下
石炭及び亞炭質	$\frac{1}{3}$ 以下	1 以下
粘土塊	$\frac{1}{3}$ 以下	$\frac{1}{3}$ 以下
網 篩 0.075 を 通 過 す る 量	$\frac{1}{2}$ 以下 (a)	1 以下 (a)

(a) 網篩 0.075 を通過する物質が碎石粉である時は、許容量を夫々 $\frac{3}{4}\%$ 及び $1\frac{1}{2}\%$ まで高めてよい。

§ 73. 粗骨材の耐久性

風雨、寒暑其の他の腐蝕作用を受けるコンクリートに使用する粗骨材は、耐久的でなければならぬ。

粗骨材の耐久性は、其の粗骨材を使用した過去の経験から、之を判断するのが適當である。過去の経験がない時には、促進耐久試験を利用する。

促進耐久試験として、硫酸ナトリウム試験を行ふ場合、之を5度繰返した時の重量減少の百分率は、12% 以下を標準とし、最大 15% 以下とする。試験の結果が此の條件に適合しない粗骨材でも、之を使用したコンクリートが尠くとも5年間氣象作用に對して良好な成績を示して居る場合には、之を使用してよい。

§ 74. 粗骨材の耐磨耗性

舗装、交通のはげしい床、流水其の他の磨耗作用を受けるコンクリート、等に使用する砂利、碎石、等は、磨耗に對する抵抗力に就いて試験する時、磨耗損失量が第16表の條件に適合することを要する。

第16表 磨耗損失量の許容量

材 料	許 容 量 (重量百分率)	
	標 準	最 大
碎石	5 以下	9 以下
砂利(100% 砂利のままのもの)	10 以下	20 以下
砂利(100% 碎石としたもの)	20 以下	30 以下

石の磨耗試験及び砂利の磨耗試験に就いては、米國材料試験協會の標準方法がある (A. S. T. M. D 2-33 及び A. S. T. M. D 289-37T)。

§ 75. 熔鑪鑪鑄の碎石

熔鑪鑪鑄は、鐵熔鑪から洗鐵が出た後に吐出される非金屬性物質で、之を空氣中で冷却し、碎いたものが鑪鑄碎石である。之は、製鐵所の近傍で多く用ゐられ、其の特徴は、單位容積重量の軽いことである。

鑪鑄碎石の比重は、約 2.3 で、其の 1m^3 の重量 (kg) は、次の値を標準とする。

標 準		許 容 最 小 値	
磨 耗 作 用 を 受 け る 場 合	磨 耗 作 用 を 受 け ない 場 合	磨 耗 作 用 を 受 け る 場 合	磨 耗 作 用 を 受 け ない 場 合
1200	1120	1120	1040

鑪鑄碎石の空隙率は、38% 乃至 46% である。

§ 76. 耐火性の大きいコンクリートを造る場合の粗骨材

粗骨材に對する標準條件、及び、第4節に述べてある輕量骨材に對する條件、に適合する骨材は、特に耐火性を必要とする倉庫其の他の耐火構造を造るためのコンクリートに使用して、適當である。

耐火性の大きいコンクリートを造ることが必要な場合、之に使用する粗骨材は、高熱を受けた時の被害程度の差により、之を2群に分けて考へるのが便利である。

第1群は、熔鑪鑪鑄、石灰石、石灰岩質砂利、トラップ、燒成粘土又は頁岩、25% 以上の可燃性物質及び5% 以上の揮發性物質を含まない石炭燼、等で、30% 以上の石英、チャート、燧石及び之に類似の物質を含まないものである。

第2群は、花崗岩、珪岩、珪酸質砂利、砂岩、片麻岩、25% 乃至 40% の可燃性物質を含み5% 以上の揮發性物質を含まない石炭燼、等で、30% 以上の石英、チャート、燧石及び之に類似の物質を含むものである。

第1群は、高熱を受けた際、容積變化が比較的小さい物質が大部分を占める骨材、及び、可燃性物質が尠い石炭燼、等を含むもので、耐火性の大きいコンクリートを造るに適するものである。

第2群は、高熱に遭ふ時、比較的大きい容積變化をなす粒の相當多量を含む骨材、及び、可燃性物質の有害量を含む石炭燼、等を含むもので、耐火性の大きいコンクリートを造るに適しないものである。

是等2群の區別が幾分任意的のものであることは已むを得ないが、實用上の目的にたいして、相當價值のあるものである。

是等2群の骨材を使用したコンクリートの耐火性について、差のあることは實驗の證明する所であるが、實際の構造物を造る場合、此の差が生命財産の保護に及ぼす差を明確に區別することは困難である。依つて、設計の際に於て、是等の骨材の使用によるコンクリートの耐火性の差に就いて考慮し、床版、壁、等の厚さ、及び、鐵筋コンクリートに於ける被り、

等を適當に定めれば (§ 367 参照), 第2群の粗骨材も之を使用して差支へない。

第4節 軽量骨材

§ 77. 概 説

軽量コンクリートを造る目的で使用される軽重量の骨材は、軽石、熔岩、凝灰岩、石炭燼、特種礫滓、骸炭、焼成粘土、其の他に之に類似の性質を有するもの、等である。

軽くて強いコンクリートが特に必要である場合、ハイダイト (haydite) 其の他が使用され、大きい強度を要せず、多孔質の軽いコンクリートを造つて、音響及び温度の傳導を防ぐ目的の爲に、軽石、煉瓦、石炭燼、骸炭、等が用ゐられる。

軽量骨材は、粒度、有機不純物の含有量、耐久性、モルタル強度試験の結果、等について、骨材に対する一般の示方に合格するものがよい。軽量骨材を使用するモルタル強度試験の結果は、尠くとも、標準砂モルタルの強度の 70% 以上たるを要する。

軽量骨材の最大單位容積重量は、乾燥して輕盛りの時、細骨材で 1120 kg/m^3 以下、粗骨材で 890 kg/m^3 以下、を適當とする。

§ 78. ハイダイト (Haydite)

ハイダイトは専賣の軽量骨材である。頁岩を 2.5 cm 位の最大寸法に碎き、之を回轉窯で熔融點近くまで焼くと、頁岩からガスが出て膨脹し、軽量で、氣胞に富むだ構造のものが出来る。之を碎いて篩分ければ、ハイダイトが出来る。

ハイダイトを使用するコンクリートの重量は、 1380 kg/m^3 乃至 1520 kg/m^3 である。

ハイダイト コンクリートは、建築用ブロック、床版及び屋根版、等に多く使用される。

§ 79. 石 炭 燼

石炭燼は、有煙炭を使用する蒸汽機關のたきがらである。ガラス質、粒狀、粗鬆で、硬く、軽く、重量が 720 kg/m^3 位である。

乾濕又は凍結融解の惧れない時、建築物の床版又は屋根版、軽重量の建築用ブロック、等に使用される。

硫黄を含有すると、鐵筋を腐蝕するから、注意を要する。

§ 80. 軽量骨材に於ける有害物質の許容量

軽量骨材に於ける有害物質の許容量は、第17表の値を標準とする。

第 17 表

種 類	細 骨 材	粗 骨 材
粘土塊	1.5% 以下	1% 以下
石炭	1.5% 以下 (a)	1.5% 以下 (a)
網篩 0.075 を通過する量	4.0% 以下	2% 以下

(a) 石炭燼、骸炭、等には適用しない。

第5節 骨材の選擇

§ 81. 骨材の選擇

コンクリートに用ゐる骨材が満足すべき標準條件は、既に述べた通りである。之を要するに、骨材は、壓縮強度、水密性其の他、必要な諸性質を有するコンクリートを、最も經濟的に造り得るものであればよい。又、骨材の様な地方的材料は、或る程度まで、地方材料の利用に根據をおいて選擇しなければならぬ。それで、優良な骨材が有すべき標準條件に適合しない骨材でも、配合及び水量其の他の加減に依つて、其の缺點を經濟的に補ふことが出来る場合には、其の骨材を使用してよい譯である。

然し、既に述べた標準條件は、經濟的の點についても相當考慮してあるものであるから、出来るだけ標準條件を尊重する必要がある。如何なる場合でも、既に述べた最大の許容範圍を超過しないのが安全である。

標準條件に合格する骨材を使用する必要がないと認められた時は、條件を緩にしてよい。併し、此の場合には、設計、及び、施工に於けるコンクリートの取扱ひ、に際して、此のことを考慮しなければならない。

それで、使用すべき骨材の選擇は、骨材試験の結果と經濟的の考慮とによる技術者の判斷に俟たなければならない。骨材の性質がコンクリートの強度其の他の性質に及ぼす影響は甚だ複雑であるから、若し時間と費用とが許すならば、實際コンクリートを使用する時の状態に相當する様なコンクリート供試體を造つて骨材を試験し、其の結果を基として、使用すべき骨材を決定するのが適當である。此のことは、コンクリートの大工事に於て、殊に考慮を

要する事柄である。之がために最も普通に行はれる試験は、コンクリートの壓縮強度試験であつて、其の方法は、§ 445 乃至 § 460 に述べてある。

上記の事項に就いて、鉄筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第11條 特別の場合

細骨材にして第8條乃至第10條に適合せざるものと雖も、責任技術者の承認せる場合に於て、配合及び水量を變じて所要強度を得る場合に限り、之を使用することを得。

第14條 特別の場合

粗骨材にして第12條及び第13條に適合せざるものと雖も、責任技術者の承認せる場合に於て、配合及び水量を變じて所要強度を得る場合に限り、之を使用することを得。』

第6節 骨材の採集、洗滌、篩分け、取扱ひ及び貯藏

§ 82. 概 説

適当な品質の骨材を使用するためには、採集した骨材につき、洗滌、篩分け、壓碎、各種骨材の分類及び混合、水を切る、貯藏、等の處置の一つ又は多數を行ふことが必要である。

斯の如き處置を必要とする程度は、骨材の産地、採集方法、骨材の性質及び状態、運搬方法、等に關係するものである。其の目的とする所は、

- (1) シルト、有機不純物、脆弱な粒、其の他不適當な物質の有害量を除去すること、
- (2) 殊に細骨材に於て、或る大きさの粒の過多又は過少による粒度の缺點を修正すること、
- (3) 出来るだけ粒度がいつも同じの骨材を供給すること、
- (4) 骨材を大きさによつて數種に分類し、大小粒の分離を防ぎ、是等を適當に混合して、コンクリートの各1練りに於ける骨材の粒度が常に同じである様にする、
- (5) 骨材の破碎及び分離を最小にする様に、取扱ひ及び貯藏、をすること、
- (6) 骨材に於ける含水量を一定に保つこと、

等である。

§ 83. 骨材の採集及び製造

骨材の採集には、機力ショベル、ドラグライン (dragline) などを使用することがある。水中の砂を採集するには、吸上げポンプによることもある。大きい玉石が混じて居る時は、

碎石機で所要の寸法に碎く。

河川の中流で、水流が早い時は、大小粒が密實に結合して居る爲め、掘鑿が困難な場合があるから、掘鑿の設備をする前に、一應の試掘を試みるがよい。

細骨材の所要量は、粗骨材の所要量の約40%乃至50%であるが、河川から骨材を採集する時は、砂の量が多すぎるのが普通である。

骨材の粒度は、同じ河川の同じ場所でも、深さによつて異なるのが普通である。之は、砂、砂利、等が、沈積して出来る時の状態から考へれば、すぐわかることである。又、河川の同一場所に於ても、洪水の後と、平時とでは、粒度が大いに異なることは明白である。海岸の砂でも、多量に採集する段になると、少しの位置と深さとの差により、粒度が大分異なることはめづらしくない。それで、石質はほぼ同じであるにしても、粒度がなるべく一定な骨材を採集するには、餘程の苦心を要する。依つて、大工事に使用する骨材を採集する時には、相當な監督者を現場につけて、なるべく粒度が同じの骨材を採集する様に努めなければならない。

骨材の採集場に於ては、普通、骨材は、洗滌、篩分け、積込みが重力によつて出来る高さまで、之を引上げる。篩分けには、回轉式篩又は、水平振動式篩、等が用られる。篩分けの際に、水を十分かけて、篩分け作業が終つた時、骨材が清浄である様にするのが適當である。

碎石を造るには、採石山の土かぶりを除去し、鑿岩機で孔を穿ち、ダイナマイトを装填し、爆破を行ひ、破碎した岩石を碎石機に送り、碎石機で碎く。碎石は、粒大に應じ廻轉式篩又は水平振動式篩で之を篩分けて、貯藏所に運搬する。各大きさの碎石を適當に配合して、所要の粒度の碎石として使用する。

碎石機としては、回轉型、膠型、ともに用られる。碎石機で岩石を碎く作業は、第1次と第2次との2段に分けて、之を行ふのが普通である。第1次と第2次との間に於て、適當な大きさの碎石は、篩つて直ちに貯藏所に運搬する。塵埃は、コンクリートに有害であるし、作業手の衛生上からもよくないから、篩分けの際、水をかけて洗ふのが適當である。

碎砂を造るには、特別の碎砂機械が用られる。

粗骨材に於ける扁平又は細長の粒を除去する爲に、ベルトコンベヤーを利用した例がある。

§ 84. 骨材の洗滌

山砂利は洗滌して使用するのが普通である。川砂利でも平常水流の無い部分から採集する、所謂、陸掘の砂利は、洗滌しなければならない。碎石を洗滌することは、前に述べた通りである。又、有機物の有害量を含むて居る砂は、洗滌してから使用する。

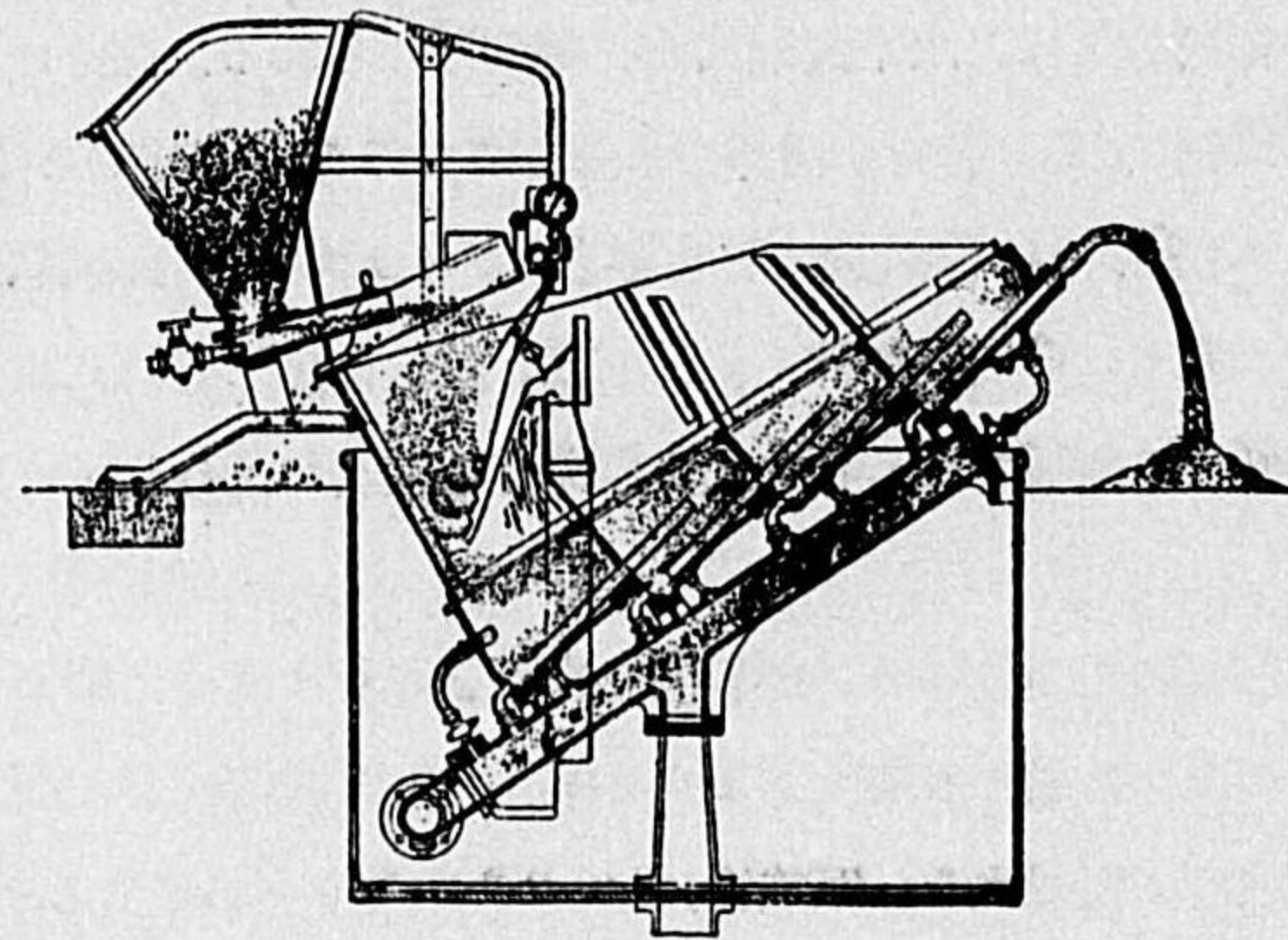
我國では、砂及び砂利は多く河川から採集されるから、川の流れを利用して骨材を洗滌すれば、左程経費がかからない。依つて、清浄な骨材を指定して購入するのが、一般に便利である。然し山砂利又は陸掘の川砂利などを使用する時で、之等の採集場附近に適当な洗滌場がない時、又は、如何なる原因によるにしても、現場に到着した骨材がよごれて居る時には、現場で洗滌する必要がある。

現場で、骨材を洗滌するのは、経費もかかり、又、監督に骨の折れるものであるから、清浄な骨材を購入して、適当に之を貯蔵することに努めるのが、一般に得策である。

粘土、シルト、等を含むで居る骨材を洗滌して使用するのが有利であるか、其の儘にしてセメントの使用量を増加して強度の不足を補つた方が有利であるかは、主として経費の問題で、正しい判定は強度試験を行ひ、欲する強度のコンクリートに就いての價格の比較に依らなければならない。

洗滌するには、少量の砂ならば、水槽の中に入れて十分攪拌し、濁つた上水を静かに流す

第33圖 砂洗ひ機械



様にすればよい。多量であれば、砂洗器を用ゐるのが有利である。

第33圖は、砂洗ひ機械の1例である。

砂を洗ふ時には、なるべく砂の微粒を流さない様に注意しなければならない。

少量の粗骨材は、之に壓力ある水を放射するか、手筈の類に

入れて水槽の中で洗へばよいが、多量になれば機械を用ゐるのが経済的である。粗骨材を洗滌する目的は、シルト、粘土、塵埃などを除去するにあるのであるから、泥土や塵埃が粗骨材の上に沈澱しない様な、又、洗滌水が相當の速度で骨材の間隙を流れて骨材粒の表面に附着する泥土や塵埃などを除去する様な、洗滌機械を用ゐなければならない。コンクリートミキサは、骨材の洗滌機として、好結果を與へるものである。いづれの場合に於ても、水を十分に用ゐることが大切である。

現場で骨材を洗ふ機會は、骨材を篩分ける機會よりも一般に多い。然し、洗滌、篩分けを同時に必要とする時には、骨材を篩ふ時に、篩に水射をかければ、材料の洗滌と同時に、篩分けが有効に出来る。

§ 85. 篩分け及び分類

齊等質のコンクリートを造る爲には、使用する骨材の粒度が常に一定でなければならないことは明白である。骨材を細粗骨材に區別するのも、一方には、其の産出状態を考慮した便宜上の點もあるが、他方には、之によつて、コンクリートに於ける骨材の粒度の一定を期せむとするにある。

§ 83 に述べた様に、骨材の採集に際しては、なるべく粒度が同じな骨材を採集する様に努めるのであるが、之が頗る困難な場合もある。よし、粒度の一定な骨材が得られたにしても、運搬及び取扱ひの作業中に大小粒が分離する。それで、出来るだけ粒度の一定な骨材を使用する爲には、骨材を篩分けて、各種大きさのものを適當の割合に混合して使用しなければならない。粗骨材を篩分けておいて、之を一定の割合に混合して使用することは、實驗室に於ては、普通に行はれて居るのであるが、コンクリートの製造が凡て機械的に行はれる特別の場合の外は、経費の増加のほかに監督にも骨が折れるので、一般の工事には、從來行はれなかつたのである。然るに、近來コンクリートの製造技術が非常に進歩し、齊等性のコンクリートを造ることの必要が一層強調される様になり、中央混合所などを設けてコンクリート製造の凡ての作業を機械的に行ふことが容易になつたので、コンクリート道路や、堰堤工事などの場合には、骨材を數種の大きさに篩分けて使用するのが、一般になつて居る。之によつて、或る程度迄骨材の粒度を一定にすることが出来るのみならず、欲する性質とウオーカビリチーとを有するコンクリートを經濟的に製造し得る様に、骨材の粒度を調節することが出来るから、非常な好結果が得られるのである。

堰堤工事などの場合、骨材の分類は、次表を標準としてよい。

骨 材	粒の大きさ
細骨材	0 ~ 5 mm
細砂利又は細碎石	5 mm ~ 20 mm
中砂利又は中碎石	20 mm ~ 40 mm
粗砂利又は粗碎石	40 mm ~ 80 mm
小玉石又は割栗	80 mm ~ 150 mm

堰堤工事などに於ては、細骨材を2種又は3種に分類して使用する場合も多い。砂は一般に濕つて居るから、篩分けが困難であるので、細骨材の分類には、特殊な砂分類機械が用ゐられる。

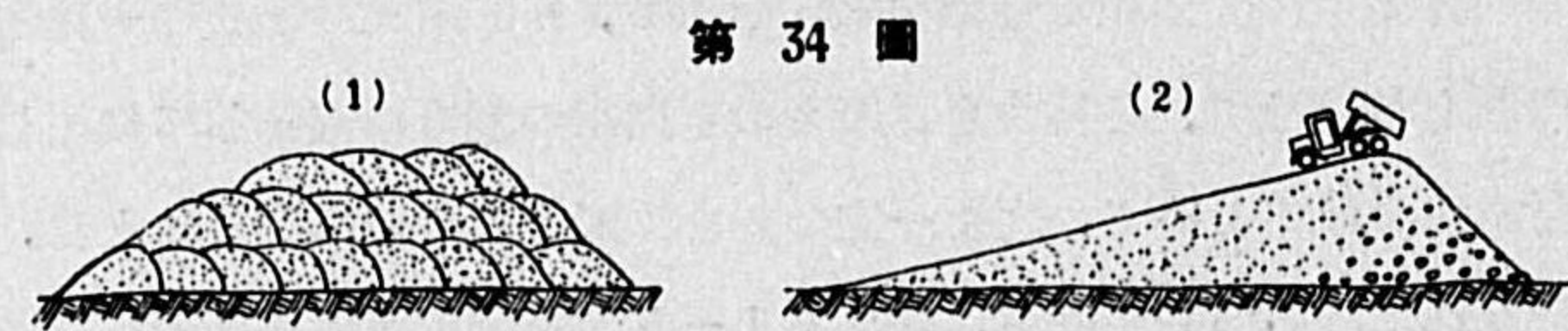
§ 86. 骨材の取扱い及び貯蔵

骨材の取扱ひに際しては、大小粒が分離して1箇所が粗粒ばかりになり、他の箇所に細粒ばかりが集まることのない様に、注意しなければならない。

砂は、大小粒が分離しない様に之を積むことに就いて、格別の困難がない。それは、大小粒の分離を防ぐに十分な水分を含むで居るのが普通だからである。

粗骨材は、大小粒が分離しない様に之を取扱ふことが、容易でない。従つて、粗骨材を積むで貯蔵する場合には、取扱ひに就いて示方を必要とする場合も尠くない。

粗骨材は、1.2mを超過しない層にして積むのが適當である。即ち、第1層は、粗骨材を貯蔵すべき全面積に擴げ、次に第2層を置いた後に、第3層を積む様にする。

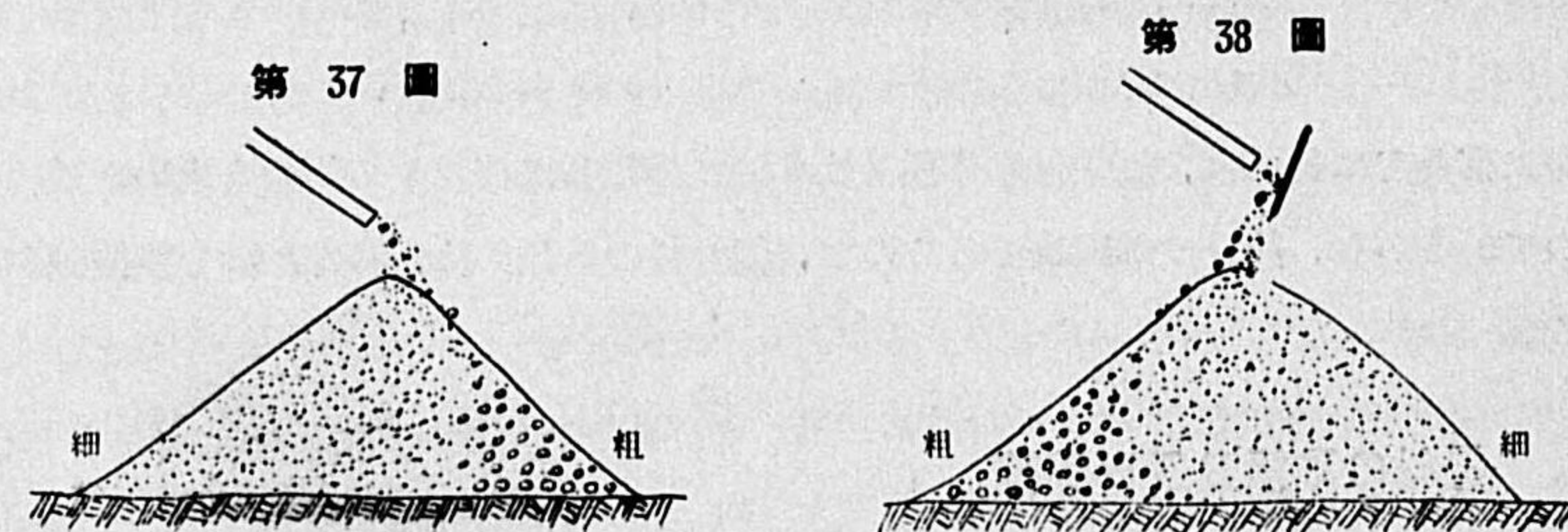


砂利を車から卸して積む時、1車分づつを第34圖(1)の様にすれば、大小粒の分離が甚だしくないが、(2)の様にすれば、粗粒が勾配に沿つて轉落し、大小粒の分離が起る。

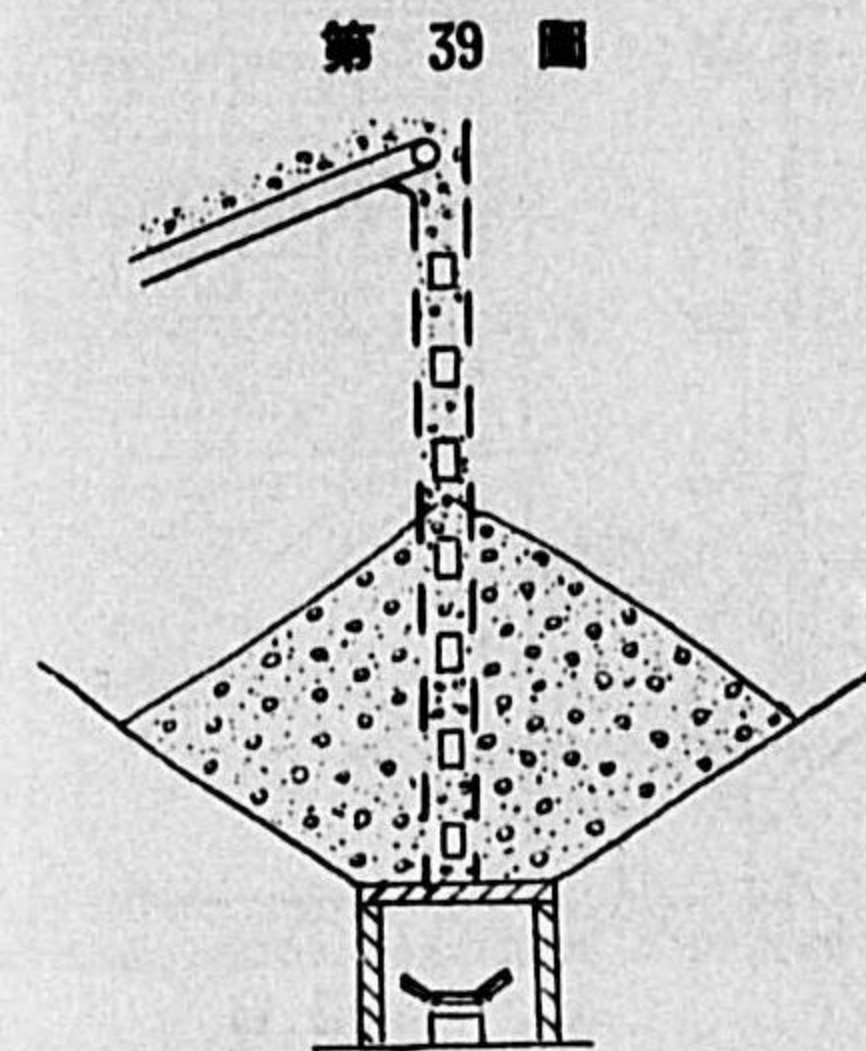
多量の粗骨材を圓錐形に積むてはならない。各種の方法で運搬して來た粗骨材をいつも同じ場所に落せば、粗粒が側面に沿つて轉落するから、細粒が中央部に集まり、粗粒が底部に集まることになる。



第35圖は、ベルトコンベヤーで運搬した粗骨材を圓錐形に積む場合の細粗粒の分離を示したもので、第36圖の様に風が吹けば、大小粒の分離が一層ひどくなる。



斜樋又は斜面に沿つて粗骨材を落す時も、大小粒の分離が起る。それは、粗骨材が斜面を轉落する時、大きい粒ほど、斜面の方向に餘計に飛ぶからである。第38圖の様に阻板を設けた支けでは、第37圖の場合と比較して、大粒の來る方向が變る丈けである。斜樋の場合、樋の吐口に長さ60cm乃至70cm以上の漏斗を用ゐれば、斜面を落下する爲めの分離は餘程防げるが、圓錐形に積むための分離を防ぐことは出來ない。それで、斜樋や、ベルトコンベヤーなどで運搬する粗骨材をビンに貯蔵するには、第39圖に示す様に、孔をあけた縦管を使用するのが適當である。



粗骨材は、十分な注意をしても、其の取扱ひにより大小粒の分離を生じ易いものであるから、一定の粒度の骨材を使用するためには、§ 85に述べてある様に、粗骨材を其の粒の大きさによつて數種に分類し、之を計量混合して使用することが必要なのである。

齊等質のコンクリートを製造するには、使用水量を一定にすることが必要であるから、骨材の含水量が一定でなければ、コンクリートの1練りごとに使用水量を變へなければならぬことになる。之は實行が甚だ困難であるから、特に、含水量が一定の骨材を使用する爲の方法(§ 123参照)も考案されて居るのであるが、骨材の適當な貯蔵方法によれば、含水量がほぼ一定な骨材を得ることは左程困難でない場合もある。例へば、大工事に於ては、洗滌した骨材の貯蔵所の低部にトンネルを造つて、一定時間水を切つた後に、此のトンネルから骨材を取出せば、含水量のほぼ一定な骨材が得られる様なものである。

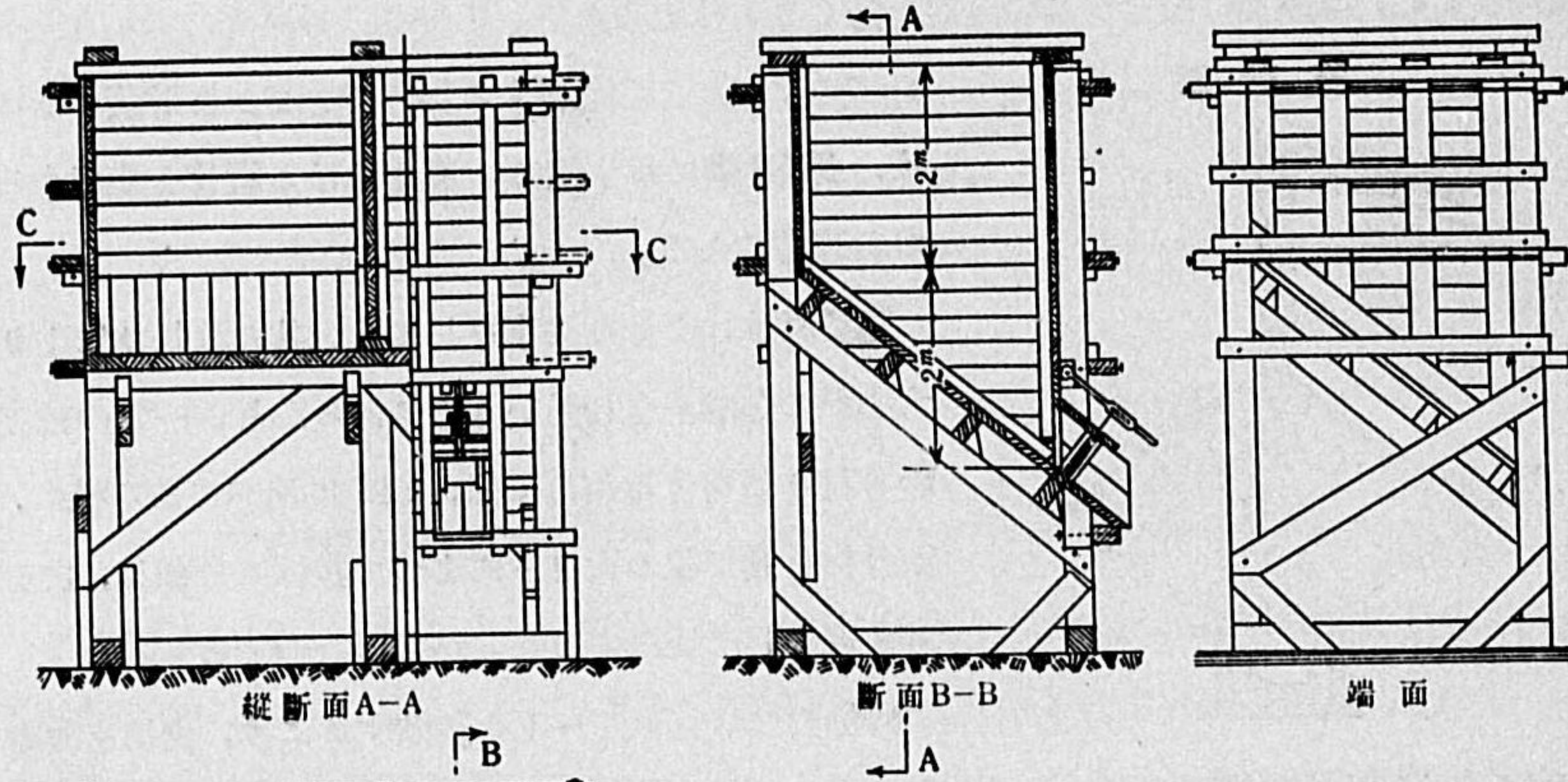
骨材は、細粗別々に計量しなければならない。依つて、細粗骨材は別々に貯蔵する必要がある。骨材は、塵埃、雜物などが混入しない様に、之を貯蔵しなければならない。鐵筋コンクリート橋梁工事などで、骨材を道路の一侧に貯蔵する時には、土や、馬糞などが混入しない様、下に板を敷き、適當な覆ひをするのが望ましい。若し塵埃、雜物が混入したら、洗つて後に使用しなければならない。

酷寒の際、骨材を室外に貯蔵すれば、之に、霜、氷、等が混入する機会が多い。斯の如き骨材を其の儘使用すれば、出來上りコンクリートの温度が低下し、コンクリートが凍結する恐れがある。故に、酷寒の際には、骨材に霜、氷、等が混じらない様に、之を適當に保護する必要がある。霜、氷、等を混じて居る骨材は、之を熱して氷をとかした後になければ、使用し

てはならない。

酷暑の際に、長く炎天に曝した粗骨材を其の儘使用すると、コンクリートが急結する恐れがある。故に、使用前に覆ひをするか、冷水をかけるかして、其の温度を下げる必要がある。

第40圖

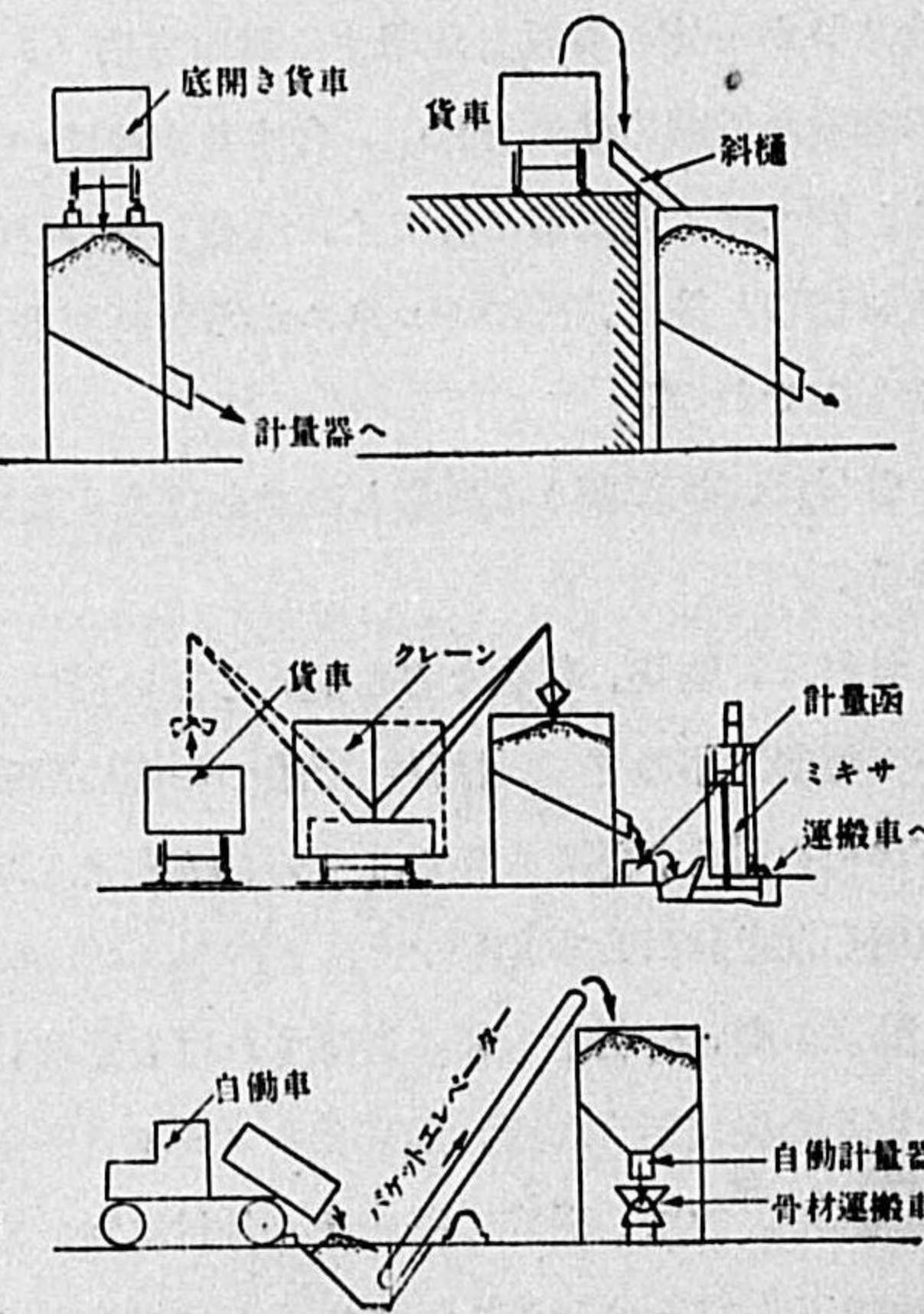


大工事に於ては、木造又は鐵造のビンを設備し、骨材の貯藏及び計量を行ふのが適當である。第40圖は、木造ビンの1例を示す。

骨材は、鐵道貨車其の他から直接にビンに卸されることもあり、クレーン其の他でビンに積込まれることもある。第41圖は、ビンに骨材を積込むために用ゐられる設備の數例を示す。

骨材の貯藏につき、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

第41圖



〔第20條 骨材の貯藏

- (1) 細粗骨材は各別に貯藏し、且つ塵埃、雜物等の混入を防ぐべし。粗骨材の取扱ひに際しては細粗粒が分離せざる様注意すべし。
- (2) 凍結せるか又は氷雪の混入せる骨材、若しくは長時間炎熱に曝されたる骨材を、其の儘使用すべからず。』

第7節 水

§ 87. 水

コンクリートを造るに使用する水は、飲める程度に清浄な淡水であれば上等である。實驗及び經驗によると、可なり汚いと思はれる水を使用しても、コンクリートの強度に大きい影響を及ぼさない様である。但し、砂糖、酸化亞鉛、等を含む水は極めて有害である。砂糖を取扱ふ工場附近のコンクリート工事などで、使用水に極めて少量の砂糖を含んで居つた爲に、コンクリートが硬化しなかつた例があり、又、セメントの運搬に、砂糖を運搬した船を使用して、失敗した例もある。

鐵筋コンクリート標準示方書は、水に就いて、次の様に規定して居る。

〔第15條 總 則

水は油、酸、アルカリ、有機物、其の他コンクリートの硬化及び強度等に影響を及ぼす物質の有害量を含むすべからず。』

油、酸、アルカリ、有機物其の他の物質を含む水が、コンクリートにどの程度に有害な影響を及ぼすかは、一般に、試驗して見なければ判からぬ。故に、水の性質に就いて疑ある時は、清浄な水を用ゐた時とのコンクリート又はモルタルの強度を比較し、使用の可否を決定するのが安全である。

モルタル強度試驗 (§ 438 參照) を行ふ時、試驗すべき水を用ゐて造つたモルタル供試體の材齡 28 日に於ける強度は、同一材料と清浄な水とを使用して造つた同様な供試體の強度の 90 % 以上でなければならない。沼の水、濁つた河の水、等は、一應、試驗すべきであらう。水が餘りよくない場合、セメントの使用量を増加して其の缺點を補ふか、別に井戸を掘るか、又は他の場所から水を運搬して用ゐるか、等は、經濟上から判斷すべき事柄である。

§ 88. 海 水

海中工事に於ける無筋コンクリートには海水を使用してもよいが、鐵筋コンクリート工事

には海水を使用しないのが安全である。

海水を使用した爲に、鉄筋コンクリートが破壊したと言ふ事實は無い様であるが、海水を使用したことが、鉄筋コンクリート破壊の原因の一つではないかと考へられる實例はある。尠く共、電流の影響を豫想し得る鉄筋コンクリート構造物に於ては、海水を使用しない方が安全である。それで、鉄筋コンクリート標準示方書には、

『第16條 海 水

鉄筋コンクリートには海水を使用すべからず。』
と規定し、鉄筋コンクリート工事には海水を使用しないことを原則として居る。

第5章 新しいコンクリートの性質

§ 89. ウォーカビリティー (Workability)

新しいコンクリートは、混合、運搬が比較的容易であり、コンクリートが型枠の隅々や鉄筋のまわりに十分に行き互る様に、打込み、締固め、仕上げることに容易であり、且つ、是等の作業の間に於て、材料が分離したり、水が表面に集まつたりすることがなく、作業が順調に進捗できる様な、軟かさや組成とを有するものでなければならない。

鉄筋コンクリート標準示方書には、

『ウォーカビリティー — コンクリートの流動性に依る、施工容易の程度及び材料の分離に抵抗する程度を決定する、コンクリートの性質を言ふ。』とあり、又、

『第26條 ウォーカビリティー

鉄筋コンクリートに使用するコンクリートは、相當の突固め又は振動等に依り、型枠の隅々及び鉄筋の周囲に十分行き互る程度のウォーカビリティーを有するものたるべし。

コンクリートの流動性試験は「コンクリート流動性試験標準方法」に依るべし。』

とある。即ち、コンクリートのウォーカビリティーとは、材料の混合から打ち終りに到る迄の間に於ける、流動性 (§ 90 参照) に依る作業容易の程度と、齊等性のコンクリートが出来る爲に必要な材料の分離に抵抗する程度とを示す、新しいコンクリートの性質である。

コンクリートが作業に適するウォーカビリティーを有することは、コンクリートが鉄筋の間及び型枠の隅々まで行き互つて、セメント糊が鉄筋を十分包むで鉄筋防錆の目的を達し、型枠を取外した時に平滑なコンクリート表面が得られ、しかもコンクリート全體が齊等質である様な施工が、相當の注意を以てして、容易に且つ安全に行はれ得る爲に、極めて大切である。

コンクリートのウォーカビリティーは、満足以測ることが出来ない多くの性質に因るものであり、實際、是等の性質が何んであるかに就いてすら、まだ、一般に認められて居るところがないが、其の主な性質は、次の如くである。

(a) 剪断抵抗又は流動し始める時の力、(b) 流動が始まつた後の流動の速度、(c) 凝集性又は材料の分離に対する抵抗力、(d) 粘着性、之は凝集性と關係あるものであるが、材料が分離する傾向のない場合に於て、いろいろの程度があり、作業容易の程度に影響する。

猶ほ、ウォーカビリティーは比較的のもので、或る工事に對して適當なウォーカビリティーの

コンクリートも、他の工事に對しては、不適當であることがある。例へば、大塊のコンクリート構造物に對して適當なウオーカビリチーの、比較的硬練りコンクリートは、鐵筋が複雑して居る深い型枠内に打込む時に、不適當である様なものである。即ち、適當なウオーカビリチーは、混合、運搬、締固め、等の設備、部材の形狀及び大きさ、鐵筋の有無、等によつて異なるものである。

コンクリートのウオーカビリチーを支配する事項は、(1) セメント糊の量と骨材の量との割合、(2) セメント糊の水セメント比、(3) 骨材の粒度、(4) 骨材粒の形狀及び表面の粗滑、等である。

(1) 水セメント比が一定なセメント糊を使用するとして、骨材の一定量に對して、セメント糊の量を減すれば、コンクリートは硬練りとなり、セメント糊の量を増加すれば、液體に近くなり、軟練りとなる。セメント糊が骨材の空隙を填充し、骨材をセメント糊中に浮かせるのに十分でない量まで減すると、コンクリートはぼろぼろになり、満足なコンクリート施工が出来なくなる。

(2) 水セメント比の甚だ小さいセメント糊は、それ自身流動性が小さく、骨材を浮かした状態に保つことが出来ないし、又、コンクリートが餘り硬練りになり、打込みが甚だ困難になる。然し、水セメント比が餘り大きくなれば、セメント糊が餘りうすく、水の様になり、附着力によつて、骨材に相互の位置を保たせることが出来ないで、材料の分離を生ずる。

(3) 骨材の粒度は、(a) 骨材粒の表面を覆い、骨材の空隙を充すに必要なセメント糊の量に影響すること、(b) 大小粒の種々の組合せにより、コンクリートの流動に對する抵抗力に影響すること、等により、コンクリートのウオーカビリチーに影響を及ぼすものである。

(4) 粒の形狀及び其の表面の粗滑は、必要なセメント糊の量、及び、コンクリートを取扱ふ時に於ける骨材粒間の摩擦力、等に影響し、従つて、コンクリートのウオーカビリチーに影響する。鋭角を有する骨材又は粗面のものは、球形で表面が平滑な骨材よりも、同じウオーカビリチーのコンクリートを造る爲に必要な、セメント糊の量が大きい。

コンクリートのウオーカビリチーを測定するために、色々の方法が考案されて居るが、今日未だ満足な結果を與へるものはない。今日のところ、コンクリートのウオーカビリチーの適否は、熟練家の觀察による判断が最も正しい。

ウオーカビリチーを判断する手段の1つとして、コンクリートの流動性を測定すること (§ 91 参照) が、一般に行はれて居る。新しいコンクリートの、種々の特性の秩序的な検査と、流動性試験とによつて、ウオーカビリチーは相當正しく之を判断することができるものである。

§ 90. 流動性

コンクリートの流動性は、主として、使用水量の多少によるコンクリートの軟かさの程度を示す爲に用られる語である。

コンクリートのウオーカビリチーと流動性とを混同してはならない。流動性は、剪断抵抗及び流動の速度のみに關するもので、同じ流動性のコンクリートでも、ウオーカビリチーは異なることがあるのである。

コンクリートの流動性が大きければ、コンクリート作業は容易であるが、材料分離の傾向も亦一般に大きくなる。而して、材料の分離が起る程度及び状態は、骨材の粒度、配合、水量、打ち方、締固め、コンクリート體の大きさ及び形、等によつて著しく異なるものであるから (§ 97 参照)、作業に適するウオーカビリチーに相當する流動性は、場合場合によつて異なるものである。例へば、コンクリートの締固め丈けについても、振動機を使用する場合に適當な流動性と、使用しない場合に適當な流動性ととは、大分異なるのである。振動機を使用する時は、之を使用しない時よりも餘程硬練りのコンクリートを用ゐることが必要であつて、振動機を使用しない時に適當な流動性のコンクリートは、振動機を使用する時、一般に材料の分離を起し、作業に適するウオーカビリチーのコンクリートとならない。

コンクリートの流動性を調節するのに種々の方法があるが、コンクリートの壓縮強度及び其の他の性質が、大體、水セメント比に依つて定まるものと假定すれば、コンクリートの強度其の他に影響なしに流動性を調節するには、セメント糊の使用量を調節する方法、即ち、細又は粗骨材の使用量の増減によるのが便利である。骨材の最大寸法、粒度、等を調節するのも有效な方法である。

§ 91. 流動性の測定

コンクリートの流動性を測定する爲に、最も廣く用ゐられて居る試験は、スランプ試験である。

鐵筋コンクリート標準示方書は、コンクリート流動性試験標準方法として、スランプ試験、フロー試験、及び落下試験の3方法を規定して居る (§ 440 参照)。

是等の試験は、或る特別な力の作用によるコンクリートの流動性を測定するもので、流動性の極く大體を示すに過ぎないが、實用上の目的に對して、流動性の程度を示すに相當役立つものである。

スランプ試験 は、金屬性截頭圓錐形型にコンクリートを詰め、型を除去した時、コンク

リート頂の「下り」を cm で測るものである。スランプ試験の詳細は、§ 441 に述べてある。

此の試験は、同一コンクリートを使用した時、同一の結果を得ると言ふ点については、あまり正確でないが、熟練すれば、コンクリートの流動性を判断する爲のよい指針となるものである。試験が簡単であるために、現場に於て広く用ゐられて居る。

フロー試験 は、平圓板の中央においた金屬製の截頭圓錐形型にコンクリートを詰め、型を除去した後、板に上下運動を與へ、コンクリート底面の「擴がり」徑と、型の底の直徑との比を 100 倍して、フロー何程として示すものである。フロー試験の詳細は、§ 442 に述べてある。

フロー試験は、同一コンクリートにつき、同一の結果を與へる點に於て、スランプ試験よりも優つて居るが、試験装置がスランプ試験の場合ほど簡単でないから、殆ど實驗室に於てのみ使用されて居る。フロー試験の缺點は、コンクリートの流動が無制限であること、粗骨材がモルタルから分離して移動すること、試験の終りに於てコンクリートが齊等でなくなり散亂すること、等である。

落下試験 は、金屬性の圓錐形型にコンクリートを填めた後、型の底を迅速に開き、コンクリートを 20 cm の距離においた平圓板上に落し、コンクリートの底の直徑と、型の底の直徑との比を「擴り」何程として示すものである。落下試験の詳細は、§ 443 に述べてある。

落下試験は、著者が考案したもので、試験装置はスランプ試験よりも複雑であるが、スランプ試験よりも良好な結果を與へるものと、著者は信じて居る。

之を要するに、以上に述べた流動性試験の暇ひは、主として、使用水量の變化に関する流動性の變化を知るにあるので、或る工事又は試験に際して、最適のウオーカピリチーを得るために用ゐられる水の適量を示すに役立つものである。ウオーカピリチーが最適であるか否かは、流動性試験だけでは判らないもので、他の試験又は判断によつて決定しなければならぬのである。

§ 92. 流動性によるコンクリートの分類

使用水量の多少によるコンクリートの流動性により、コンクリートを、硬練り、中硬練り、中軟練り、軟練り、どろどろ練りの5種に區別することが出来る。

硬練りコンクリート と言ふのは、スランプが 0 乃至 2.5 cm, フローが 100 乃至 120 位の流動性のコンクリートで、普通の取扱ひをする時、ぼろぼろになり、十分な突固め、加壓、振動、等によつて、強度の大きいコンクリートとなる。然し、縮固めが不十分であると、蜂の巣の様なコンクリートが出来、強度も低く、水密性は殆ど望み得ない。鐵筋コンクリー

ト工事の場合、硬練りコンクリートを十分に締固めて、之を鐵筋及び型枠の狭い間隙に行き互らせることは頗る困難であるから、硬練りコンクリートは、鐵筋コンクリートには殆ど使用されない。

中硬練りコンクリート と言ふのは、スランプが 1.5 cm 乃至 6.5 cm, フローが 115 乃至 160 位で、濡つた土ぐらゐの流動性のコンクリートである。普通の取扱ひで、ぼろぼろになる程のことはなく、相當に形を保つが、斜樋で卸すとぼろぼろになる。之は、十分な締固めを行ふことが比較的容易であり、大塊のコンクリートを振動機で締固める時に適當なものである。

中軟練りコンクリート と言ふのは、スランプが 5 cm 乃至 14 cm, フローが 150 乃至 200 位で、極く、のろのろ流れる位の水分を含むコンクリートである。之は、ぼろぼろになる程乾いても居らず、又、セメント糊が骨材から分離して流れる程、濡れても居ない。突固めると表面がぶるぶる震へる。完全な締固めをするには、幾分の注意を要するけれども、コンクリート作業は一般に容易である。之は、基礎、擁壁、橋臺、橋脚の様な大塊のコンクリート構造物に廣く使用され、鐵筋コンクリート工事でも、断面が大きく、鐵筋の間隔も亦大で、十分な締固めが出来るときに用ゐられる。強度は、完全に締固めた硬練りコンクリートに及ばないけれども、施工が容易で、信頼し得るコンクリートを造ることが出来ると言ふ點が、硬練りコンクリートよりも優つて居る。

軟練りコンクリート と言ふのは、スランプが 12.5 cm 乃至 20 cm, フローが 190 乃至 220 位で、大塊の時は自由に流れる位の水分を含むコンクリートで、強い突固めをすることは不可能である。唯、コンクリート中の空氣を追ひ出し、狭ひ場所にコンクリートを行き互らせる爲に、棒で突くか、鋤の類でモルタルが行互る様にする必要があるものである。齊等質の、信頼し得るコンクリートを容易に、安全に、製造し得るから、鐵筋コンクリート構造物の築造には、殆ど常に、軟練りが用ゐられて居る。

どろどろ練りコンクリート と言ふのは、スランプが 17.5 cm 乃至 25 cm, フローが 210 乃至 250 位で、セメント糊又はモルタルがコンクリート中から流れ出て、粗骨材と分離する傾向を有する程度の水分を含むコンクリートである。どろどろ練りのコンクリートの使用は、一般に、之を禁止しなければならない。

上記のスランプ及びフローの關係は、粒度が適當な砂及び砂利を使用し、セメント使用量も普通であるコンクリートに對し、極く大體成立つものである。

各種流動性のコンクリートの打方は、§ 171 乃至 § 173 に述べてある。

§ 93. 使用水量と流動性との關係

セメント及び骨材の混合物に加へる水量を漸次増加して行くと、出来上るコンクリートの状態には、次の様な変化がある。

最初、少量の水を加へた時、混合物の容積が膨み、或る水量に於て膨みが最大になる。更に水を増加すると、膨みが漸次減じ、遂に最大密度のプラスチックなコンクリートとなる。尚ほ一層水を増加すると、コンクリートの容積が再び増加し、流動性が大になり、遂にはセメント糊が非常にうすくなつて、骨材を混吊状態に保つことが出来なくなり、材料の分離が起る。

依つて、コンクリートに使用すべき最小水量は、コンクリート容積の膨みに打勝つに必要な方から定まる。最小使用水量は、締固め方法に非常に大きい関係を有するものである。又、最大の使用水量は、所要の、強度其の他の性質及びウオーカビリチーを有し、材料の分離を生じないコンクリートを造ると言ふ方から定まる。而して、是等の最大、最小の使用水量は、材料の性質及び其の配合、出来上つたコンクリートに要求されるコンクリートの強度、耐久性其の他のによつて異なるものである。

上記の使用水量の範囲は、コンクリートの流動性が多少の水量の増減によつて変化し得る範囲内に限るもので、若し此の範囲内に於て、適当なウオーカビリチーを得ることが出来ない時は、コンクリートの配合又は材料を変更しなければならない。

使用水量と流動性との間には、次の関係があることが、実験及び経験によつて證明されて居る。

細粗骨材及び其の配合が一定であるコンクリート 1m^3 に使用する水量が同じであれば、其のコンクリートの流動性は、セメントの使用量に關せず、殆ど一定である。

此の關係は、實際にコンクリート 1m^3 に使用されて居るセメント量の變化の全範囲には適合しないが、コンクリート配合の修正を行ふ時などに於ては、甚だ便利なものである。

§ 94. 配合及び水量と流動性との關係

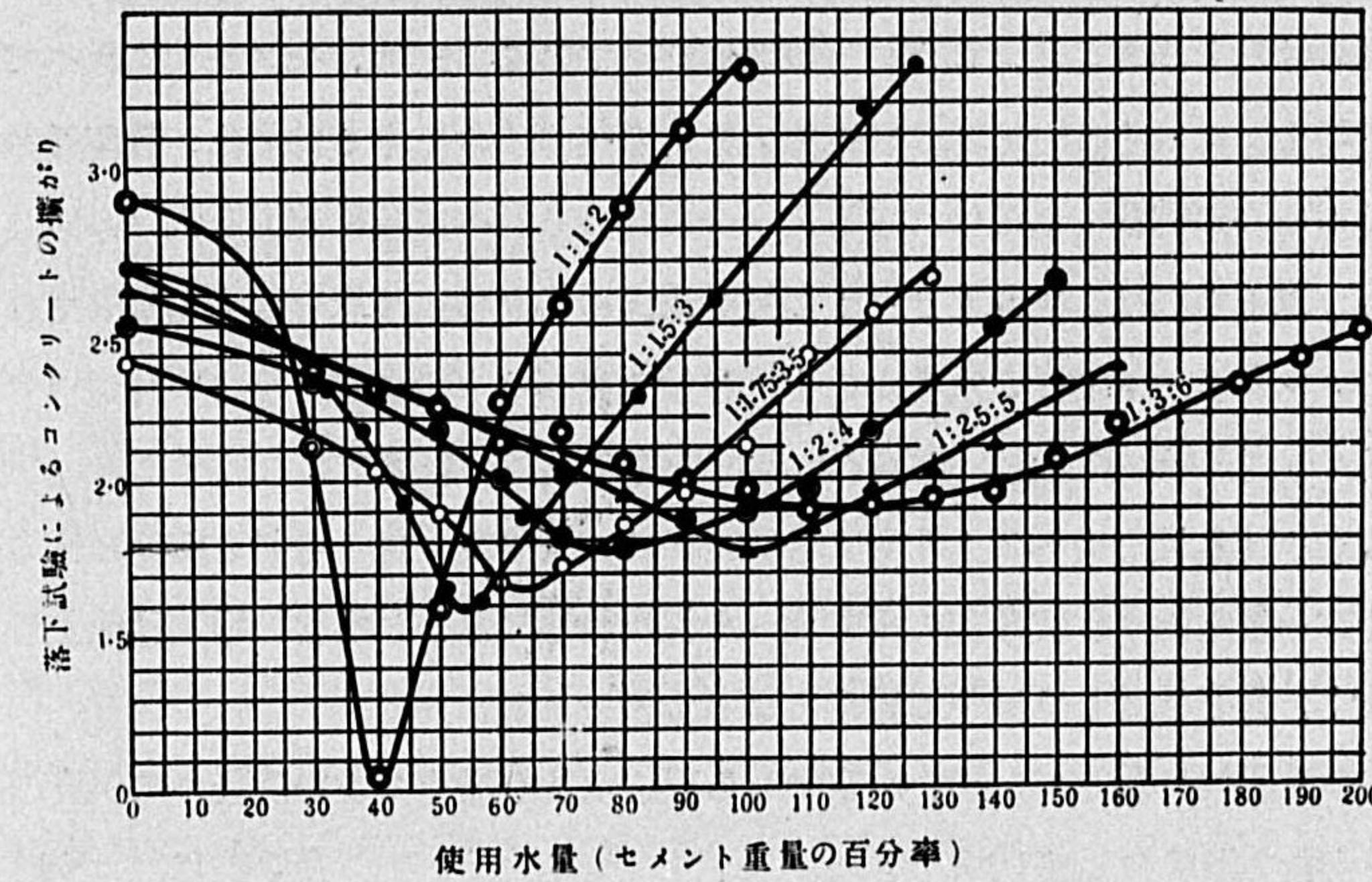
配合容積比が $1:1:2$, $1:1\frac{1}{2}:3$, $1:1\frac{3}{4}:3\frac{1}{2}$, $1:2\frac{1}{2}:5$ 及び $1:3:6$, 水セメント重量比が 0 乃至 200% であるコンクリートの流動性を、落下試験によつて測定した結果は、第 42 圖の如くである（九州帝國大學工學彙報第一卷第四號參照）。

乾燥状態（使用水量が零なもの）の混合物は、甚だ移動し易い状態にあつて、流動性が大きい。水を加へるとコンクリートに粘性を生ずるから、流動性が減じ、或る水量で其の最小値に達する。更に水量が増加すれば、流動性が殆ど直線的に増加することは第 42 圖の如くである。之はモルタルに於ても同様である。而して、此の最小流動性のコンクリートは、普

通、鉄筋コンクリート工事に於ける様な突固めの程度に對しては、略ぼ其の配合に對する最大密度、最大強度のコンクリートである。

又、圖によつて見ると、水量の増加によつて流動性を増大させることの出来るのは、或る

第 42 圖 落下試験によるコンクリートの流動性



配合に對して、流動性の最小値となる使用水量よりも大きい水量を使用する場合であることが判かる。依つて、例へば、コンクリート道路工事に於ける様に、比較的富配合のコンクリートを用ゐて十分な締固めをなし、最小流動性を與へる水量よりも小さい水量を使用する場合に於ては、水量の少しの増加は流動性を増大せずして反つて之を減少せしめる傾向にあるものである。鉄筋コンクリート工事に於ける様に、コンクリートが鉄筋及び型枠の隅々によく行き廻り、セメント糊が鉄筋の表面を包んで完全な附着と防錆とをなし得る様な施工が、安全に且つ容易に行はれることが必要な場合には、コンクリートは相當な流動性を有するものでなければならないから、最小流動性のものよりも大きい使用水量のコンクリートの中で、適当なウオーカビリチーを有するコンクリートを選ばなければならない。斯の如きコンクリートに於ては、突固めの影響は一般に小であつて、或る場合には突固め作業が殆ど不可能である。落下試験によれば、鉄筋コンクリート工事に普通使用して安全なコンクリートの擴りは、普通の配合の範囲に於て、平均 1.8 位である。

次に、配合と流動性との關係を見るに、一定の骨材に對して、セメントの使用量が大きい程、流動性の最小値が小さいことが圖に示されて居る。之はセメント量が大きい程、セメント糊の粘性の影響を受けることが大きいことに因るのである。又、セメント量の大きいもの程、水量の増加による流動性の變化が急激であつて、使用セメント量の小さいものは流動性

の變化が前者に比して甚だ小さい。即ち、富配合のコンクリートに於ては、水量の増加による強度の減少を大ならしめずして、流動性を増大し得るものである。故に、鉄筋コンクリートの場合には、収縮應力の關係を無視すれば、強度の上からしても、又、強度の大きいコンクリートが容易に且つ安全に製造され得る點からしても、配合が富なコンクリートを用ゐて、構造物の寸法を小さくするのが、一般に經濟的である。之は、セメントに較べて骨材が高價である場合、殊にそうである。収縮應力をなるべく小さくする爲には、貧配合のコンクリートを用ゐるのが有利であるけれども、十分な養生を行へば収縮應力を大いに減じ得るのであるから、以上の點は、コンクリートの配合決定に當り特に注意を要することである。

貧配合のコンクリートでは、水量が最小流動性を與へるものよりも小さい時、セメント糊の量が不足で、之が骨材の間に十分行き互りて其の粘性の影響をあらはすことが出来ないし、水量が最小流動性を與へるよりも大きい時には、セメント糊と骨材とが分離する傾向を生じ、水量が一層増加すれば砂利に水を加へた様な状態になり、水量の増加は流動性に大きな影響がなく、強度を著しく減ずる結果となるものである。

又、一定の流動性に對して、配合が富である程、水量が少なくてよい。従つて強度の高いコンクリートが得られることも明白である。

故に、使用し得べきコンクリート材料を以て、各種の配合及び水量のコンクリートに就いて試験した流動性の値を、第42圖の様にして置けば、コンクリートの配合を設計する時に便利である。

落下試験の結果によると、粗骨材の最大寸法及び粒度は、細粗骨材が約最大密度を與へる様に配合されて居る時には、流動性に大きな影響を及ぼさない。粗骨材の粒大が約一様である時には、使用水量が最小流動性を與へるものよりも小さければ、粒の小さい程流動性が大きく、使用水量が大きければ反對の結果になる。

著者の實驗の結果によると、ミキサを用ゐる場合の混合時間は、普通に行はれて居る時間の範圍に於ては、流動性に關係がない。長時間混合すれば、コンクリートの齊等性と壓縮強度とは一般に増加するけれども、粘性も増加するから、流動性は必ず増加するとは限らない。

§ 95. 各種の構造物に對するコンクリートの流動性及び骨材の最大寸法

適當な、コンクリートの流動性及び骨材の最大寸法は、構造物の種類、使用する材料、部材の大きさ、コンクリートの所要の性質、鉄筋の配置、コンクリートの運搬及び打込みの方法、等、各工事に於ける事情によつて異なるものである。

激しい氣象作用を受ける構造物に於ては、水が侵入する豆板其の他の缺點のないコンクリートを造るに適當な流動性及び骨材の最大寸法を用ゐることが、特に大切である。

第18表は、各種の構造物に對して適當な、スランプ及び粗骨材の最大寸法の標準を示す。

第18表 各種構造物に對して適當な、スランプ及び粗骨材の最大寸法

構造物の部分	スランプ		粗骨材の最大寸法 cm
	最大 cm	最小 cm	
鉄筋コンクリート基礎、壁及び礎段	12.5	5	4
無筋コンクリート礎段、潜函及び地下壁	10	2.5	5
鉄筋コンクリート版、梁及び壁	15	7.5	2.5
舗装	7.5	5	5
大塊構造物	7.5	2.5	7.5—15 (a)

(a) スランプ試験に際し、4 cm 以上の大きさの粗骨材は、總て之を篩ひ去る。

第18表のスランプは、コンクリートの締固めに振動機を使用しない時の値である。振動機を使用する時は、第18表に示したスランプの値を修正しなければならない。振動機を適當に使用する時は、使用しない時よりも、一般に、スランプの小さいコンクリートを用ゐるのが適當である。

普通の壁、梁及び版に對しては、内部振動機 (§ 166 参照) を使用する時、スランプを 13 cm 以下とする。但し、内部振動機を使用しないか、又は、斷面が非常に薄いか、又は、鉄筋が狭い間隔に配置されて居るか、等の場合には、スランプを 15 cm まで許してよい。

大塊コンクリートのスランプは、普通 6.5 cm に制限される。

第20表にも、第18表と同様な關係が示してある。

§ 96. レイタンス (Laitance)

モルタル又はコンクリートを施工した際、水分の上昇に伴ひ、其の表面に浮び出て沈澱した微細な物質から成る表皮を、レイタンスと言ふ。

レイタンスは、コンクリート材料の分離によつて出来るもので、セメント、砂の極微粒及び泥などの混合物である。其の化學成分は、普通、セメントとほぼ同じである。使用水量の大きいコンクリート程、材料の分離が起り易いから、多量のレイタンスを生ずる。樋卸して運搬したコンクリートで、柱、大塊のコンクリート、等を造つた時などには、其の上面に數 cm のレイタンスの出来ることは珍らしくない。

レイタンスは、セメント中で甚だ大切であるセメントの極微粒から出来るものであるか

ら、レイタンスが出来れば、夫れ丈のセメントの損失を來たし、従つてコンクリートの強度を減する。又、レイタンスとなるセメントの微粒は、水に浮んで居る間に凝結してしまふので、水が吸収され又は蒸發した後、表面で固まつても、出来たレイタンスは、強度も水の侵入に對する抵抗力も弱いものである。厚いレイタンスを取去らずに其の上にコンクリート打ちをした爲に、構造物が破壊した例は尠くない。

レイタンスの發生を成るべく尠くするには、事情の許す限り使用水量を減すること、清淨な骨材及び水を用ゐること、に注意しなければならない。實際上多少のレイタンスの出来ることは已むを得ない場合が多いのであるが、出来たレイタンスは必ず除去することに努めなければならない。レイタンスの除去其他については、§ 183 に述べてある。

§ 97. 新しいコンクリートに於ける材料の分離

(1) 概説 耐久的なコンクリートを造るための主要條件の1つは、ミキサから吐出されたコンクリートが、材料の分離を生ずることなく、容易に、取扱ひ、打込み、締固め、得るものであることである。新しいコンクリートは、材料の分離を生じ易いもので、コンクリートに於ける蜂の巣、豆板、弱い粗鬆な層、打継目に於ける附着力の不足、表面の小孔、龜裂、剝脱、砂の線、等は、見ると見えないとに拘らず、直接間接に材料の分離に關係あるものである。

新しいコンクリートに於ける材料の分離は、コンクリートの運搬中並びに打込み中にも起り、又、コンクリート打ちを終つた後にも起る。

(2) 材料の分離を生ずる理由 新しいコンクリートに於ける材料が分離する根本の理由は、コンクリートが、粒の大きさ、比重、等に於て大分異つて居る材料の集合であるからである。其の結果、コンクリートがミキサから吐出されるとすぐ、各材料を分離せしめむとする内力及び外力を受ける。

斜樋卸しでコンクリートを卸すとか、同じ場所にコンクリートを落して横方向に流す様な横方向の運動をさせるとかすれば、粗骨材とモルタルとが分離する傾向があり、型枠内に於ける様に、コンクリートが縦横兩方向に於て制限されて居る時は、粗で重い粒子が沈下し、微細で軽い物質が、殊に水が、上昇する傾向がある。是等の材料の移動は、コンクリートが或る程度凝結する迄、繼續するものである。

(3) 豆板を生ずる様な材料の分離 骨材の使用量及び最大寸法が大きい程、新しいコンクリートに於ける材料分離の傾向が大きくなり、又、材料分離に抵抗する能力も減する。之が、最大寸法が 15 cm と言ふ様な大きい粗骨材を使用する貧配合のコンクリートは、大

塊の無筋コンクリート構造物のみに使用され、鐵筋コンクリートに於ては、セメントの使用量を大きくし、粗骨材の最大寸法を小さくしなければならない理由の1つである。

豆板の出来るのは、粗骨材とモルタルとが分離するからであつて、過多の水量を使用したリ、運搬及び打込みの際に、鉛直にコンクリートを落下する方法が適當でないか、又は、横方向の移動を許すか、等の爲に生ずることが多い。堰板の内面や、埋込まれる鐵筋なども、材料の分離を助ける傾向にある。

粗骨材とモルタルとが分離して豆板が出来れば、空隙のためにコンクリートの性質が悪くなるのみならず、同一断面内のコンクリートに於けるセメント量が異つて來るので、容積變化、外觀其の他にも悪い結果を與へることになる。

(4) コンクリートの打込み中に起る材料の分離 普通に鐵筋コンクリート工事に使用される様な流動性のコンクリートに於ては、打込みの方法が悪いと、甚しい材料の分離を生ずる。此の分離は、使用水量の大きいコンクリート程大きいことは勿論であるが、材料分離の状態は、コンクリート體の高さ、横寸法、打込み速度、及び締固めの方法、等によつても、著しく異なるものである。

コンクリート體の大きさ、形及びコンクリート打ち作業が、セメント糊又はモルタルの上昇を容易ならしめるものであれば、コンクリート體の上部に於てセメント量が多くなる。従つて、上部に於けるコンクリートの強度は、下部に於けるよりも大きくなることがある。軟練りのコンクリートを用ゐて、普通の方法で、コンクリート版や、小さい梁を造る時には、セメント糊が上昇して、コンクリートの上部に於てセメントが富になり、上部のコンクリートの引張強度は、底部よりも大きい。之に反して、コンクリート體の大きさ、形及びコンクリート打ち作業が、水を分離せしめる様なものであれば、上部に於てコンクリートに含まれる水量が多くなり、甚だしい時は、コンクリートの上部に多量のレイタンスを生ずる。従つて、上部のコンクリートの強度は、下部よりも著しく小さい。即ち、中軟練り位のコンクリートを 10 cm 位の層にして、ゆつくり打込み、締固めて行けば、底部に於けるコンクリートは、上部のコンクリートの壓力のために密度が大きくなり、水が上昇し、上部のコンクリートの水量が多くなる。依つて、上部のコンクリートの強度は、底部よりも大分小さくなる。

コンクリートの打込み及び締固めに際して起るコンクリート材料の分離を小ならしめる方法に就いては、第8章に述べてある。

コンクリート上面の過度の、均し作業又は鏝かけ、及び、是等を行ふ時期が適當でないこと、等が、屢々、有害な材料分離の原因となる。之は、コンクリートの配合が適當でないか、又は水量が過多である場合に、殊に甚だしい。

凡て、過度の作業によつて過分の水又は微粒物質をコンクリートから分離させれば、コンクリート上面に弱い表層が出来、之は乾燥する時、大いに収縮するから、龜裂を生じたり、剝脱したりする。

(5) **コンクリートの沈下による材料の分離** 新しいコンクリートに於ける材料の分離は、コンクリート打ちを終つた後にも起る。コンクリートの運搬及び打込み作業に注意すれば、コンクリートの打込みを終る迄の間に於ける材料の分離は、或る程度迄之を防ぐことが出来るが、打込みを終つてから、コンクリートが相當落着く迄の間に於ける水の分離は、非常に水セメント比の小さい硬練りコンクリートの場合を除き、普通に鉄筋コンクリート工事に使用されるコンクリートに於ては、之を尠くすることに就いて、非常な注意を要するものである。

コンクリート打ちを終つた後に起る材料の分離は、コンクリートが落着く時に、水が上昇する傾向によるものである。之を**水の上昇**と云ふ。堰板を除去した時、コンクリート壁の表面に砂の線が表はれることのあるのは、水が堰板に沿つて上昇した證據である。

水の上昇は、コンクリート打ちを終つた後、約15分間で其の大部分を終り、約2時間で其の全部を終る。

水が上昇するのは、セメント及び骨材に於ける表面積が水量に對して不足で、水を表面張力によつて粒子の表面に保つことが出来ない爲めである。

水の上昇の結果、コンクリートの上部に於て水分が大になれば、コンクリートが粗鬆になり、強度も低くなる。斯の如き表面は、凍結作用や水の侵入によつて容易に分壊する。猶ほ、上昇する水は、セメント其の他の微粒子を表面に運び、コンクリート表面にレイタンスを生ずる。

コンクリート表面に少し位の水が出て來たり、砂の線が出来たりする位のことは、たいした問題ではないが、水の上昇の非常に悪い影響は、粗骨材の下面や水平な鉄筋の下側に、水膜を生ずることである。水に比較して、比重の大きいセメントや骨材が沈下して、水を上方及び外方に追ひ出せば、水の通路や、大きい毛細管が出来。而して、骨材の粒子や、鉄筋が水の上昇を妨げるから、水は是等の下部に止められて水膜を生ずるのである。それで、コンクリートの破壊面を見ると、例外なく、コンクリートを打つた時に上部にあつた方の破壊面に粗骨材の面が現はれ、此の粗骨材が附着して居つた面は、レイタンスの附着した比較的粗鬆のコンクリートである。骨材の下面に水膜が出来れば、骨材粒とセメント糊との附着力が減るから、コンクリートの強度が減じ、鉄筋の下側に水膜が出来れば、鉄筋とコンクリートとの附着強度が減る。猶ほ、壓力のある水がコンクリートに接觸する時、水が骨材及

び鉄筋の下側の空隙に沿つて流れることは容易な譯であるから、水の上昇のために、コンクリートの水密性も減することになる。

水の上昇の程度は、セメントの種類及び粉末度にも關係するが、水の上昇を大ならしめる主な原因は、細骨材の粒度が適當でないこと、粗骨材の最大寸法が過小であること、使用水量が過多であること、等である。

細骨材が適當な量の微粒を含有すれば、之を含有しないものよりも、水の上昇が尠い。水の上昇を減するために、細骨材の粒度を適當にすることが出来ない時には、微粒子よりなる混和材(第3章第6節参照)を使用するのも1方法である。

粗骨材の最大寸法が過小であれば、コンクリートの單位容積に於ける骨材の容積が減じ、モルタルが粗骨材の上に沈下し、セメント糊がモルタルの上に集まり、水がセメント糊の上に出る機会が多くなる。換言すれば、粗骨材の最大寸法が過小であれば、過度の作業により、モルタルの分離、水の上昇及びレイタンスの發生の機会が多い。

使用水量を尠くすれば、水の上昇を減することは明白である。

猶ほ、セメント使用量の増加、及び粉末度の高いセメントの使用は、水の上昇を減する傾向がある。

依つて、水の上昇を尠くするには、(a) 清淨で、適當な粒度の骨材を使用すること、(b) 粉末度の高いセメントを使用すること、(c) 適當な配合を用ゐ、十分混合した後に中硬練りのコンクリートを得るに十分な丈の水を使用すること、(d) 十分な締固めによつて、空氣を追出すこと、等が大切である。斯の如きコンクリートに於ては、材料の分離や水の上昇が極めて尠く、相當の高さのコンクリートを打つても、多量のレイタンスを生ずる様なことはない。但し、底部から上部に行くに従つて、水セメント比の増加はなほ起るものである。それは、中硬練り程度のコンクリートでは、まだ、餘分の水を含むため、水の一部の上昇は、避け難いからである。

(6) **ウオーカビリチー及び流動性と材料分離との關係** ウオーカビリチーを適當にすれば、材料の分離や、豆板の出来る傾向を減する。コンクリートを打込む前に、材料が分離した荒々しいコンクリートは、豆板の出来る傾向が大きいから、餘分な締固めを必要とし、水の上昇を大ならしめる傾向がある。

經驗によると、工事の或る状況に對して、材料の分離を小ならしめる最適のスランプがある。之以下のスランプでは、豆板の出来る恐れが大になり、之以上のスランプでは、材料の分離が起り、コンクリートが層になつたり、水が上昇したりする傾向が大きい。

(7) **結言** 新しいコンクリートに於ける材料の分離に影響する事項は、コンクリート

材料の選擇から、最後の仕上作業までに關するもので、材料の分離を完全に防ぐことは殆ど不可能であり、又、材料の分離を最小ならしめる簡単な方法手段を述べることも困難である。本書のコンクリート施工に關する事項は、凡て、材料の分離を少くするために勵行すべき事項を含むで居る。

第6章 配合及び水量

第1節 總 說

§ 98. 概 說

コンクリートの配合と言ふのは、コンクリート材料であるセメント、細骨材及び粗骨材の配合比を言ふのである。コンクリートの配合と言ふ語の中には、使用水量の割合をも含ませるのが適當であるけれども、單にコンクリートの配合と言ふ時には、上記の様に、セメント、細骨材及び粗骨材の配合比を言ふのが從來の習慣である。

コンクリートの配合及び水量は、(1) 所要の性質のコンクリートが得られる様、(2) 經濟的である様、之を定めなければならない。

コンクリート使用の目的は千差萬別である。従つて、コンクリートに要求される性質は、構造物の種類其の他に依つて大分異なる譯であるが、一般に就いて言へば、強度、水密性、耐久性、耐火性及び磨耗に對する抵抗力、等が、其の主なものである。

コンクリート又は鐵筋コンクリート構造物が、與へられた外力に耐へ得る爲に、コンクリートに相當な強度が必要であることは明白である。

水槽、地下室、等に於て、水密性の大きいコンクリートを必要とすることは明白であり、又、鐵筋コンクリートに於ては、コンクリートが鐵筋防錆の目的を達し、構造物が風雨、有害な瓦斯、等の影響に對して耐久である上からも、コンクリートが十分水密的であることが必要である。

強度及び水密性の大きいコンクリートは、一般に十分な耐久性を有する。

コンクリートの特徴の一つは、其の耐火性にあるのであるが、特に猛火に襲はれる恐れある建物（例へば倉庫）とか、特に重要な構造物で、火災に逢つても、構造物の強度に殆ど何等の損傷、弱點を蒙らない様にしたと言ふ様な耐火構造に於ては、特に耐火的のコンクリートを造る必要がある。

磨耗に對する抵抗力は、コンクリート道路とか、波浪の影響を受ける海中構造物などに於て、特に大切な性質である。

是等の大切な性質の内、強度、水密性及び耐久性は、主として、コンクリートの配合及

び水量に關係し、耐火性は主として使用する粗骨材の性質に關係し (§ 324 參照)、磨耗に對する抵抗力は、主として、配合、水量、骨材の性質及び締固め、等に關係するものである。

經濟的に所要の性質を有するコンクリートを造るには、(1) 材料を有効に使用すること、(2) コンクリートの取扱ひが容易で作業がはかどること、を必要とする。(2) は作業に適するウオーカピリチーを有する様に、配合及び水量を定めることに歸着する。

依つて、配合及び水量は、コンクリートが所要の強度、水密性、耐久性、等を有するのみならず、作業に適するウオーカピリチーを有する様に、之を決定しなければならない。

コンクリートの品質及び強度を示す標準として、簡單の爲に、コンクリートの壓縮強度を用ゐることが、一般に行はれて居る。コンクリートに必要な強度は、壓縮強度のみではなく、引張強度、剪斷強度、鐵筋との附着強度、等も極めて大切である。而して、是等のものは、必ずしもコンクリートの壓縮強度に正比例するものではないが、適當な設計及び施工に依つて製造されたコンクリートの強度は、大體に於て、其の壓縮強度で表はすことが出来るものである。

又、コンクリートの水密性、磨耗に對する抵抗力、等も、壓縮強度に正比例するものではないが、普通の場合、相當な壓縮強度を有するコンクリートでなければ、矢張り是等の性質を十分具備することが出来ないと云ふ點と、是等の試験をすることは容易でないと云ふ關係、等からして、コンクリートの品質を示す標準として、壓縮強度を用ゐる場合が多いのである。それで、鐵筋コンクリート標準示方書は、第4條に、『構造物の設計に於ては材齡28日に於けるコンクリートの壓縮強度を基準とすべし。』と規定して居る。

従つて、コンクリートの配合及び水量の決定方法は、コンクリートの壓縮強度を目標として之を定める様に發達して來たのである。しかるに、近來セメントの強度が著しく増大した爲に、壓縮強度は所要の目的に對して十分であるにしても、セメントの使用量が過少であるコンクリートは、其の耐久性が不十分である。それで、現今は、一般に、コンクリートの壓縮強度及び耐久性を目標として、配合及び水量を決定する様に進むで居る。

配合及び水量に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第22條 總 則

コンクリートの配合及び水量は、所要強度及び作業に適するウオーカピリチーを有し、水密性大なる様之を定むべし。』

§ 99. 配合及び水量の表はし方

配合は、普通に、セメント、細骨材及び粗骨材の重量比又は容積比で表はされる。配合重

量比は大工事の場合に多く用ゐられ、配合容積比は小工事の場合に多く用ゐられる。時としては、セメントの容積と、細骨材と粗骨材との混合物の容積との比で、配合を表はすことがある。例へば、配合容積比で 1:5 のコンクリートと言ふのは、セメント 1 m³ と細粗骨材混合物 5 m³ との割合に配合するコンクリートである。

セメント一定量の容積は、其の測り方によつて大いに差があるから、セメントを容積で正確に計量することは甚だ困難である。故に、配合は容積比で表はしても、セメントは重量に依つて計量しなければならない。依つて、配合を容積比で示す爲には、使用するべきセメント重量を容積に換算する必要がある。之が爲に使用するべき、セメントの單位容積重量を、鐵筋コンクリート標準示方書は、§ 32 に述べた理由により、1500 kg/m³ と規定して居る。

骨材一定量の容積も、其の計量方法によつて異なるから、之を容積で測るには、其の計量方法を一定する必要がある。骨材を容積で計量する標準方法は、骨材單位容積重量試験標準方法 (§ 430 參照) に示してある、骨材の容積測定法 (棒突き法) である。

配合比は、之を示方配合比及び現場配合比で表はすのが適當である。

示方配合比と言ふのは、示方書又は責任技術者によつて指示される配合比のことである。例へば、示方配合重量比が 1:2:4 のコンクリートと言ふのは、セメント 1 kg に對し、細骨材 2 kg、粗骨材 4 kg を使用するコンクリートである。此の場合、骨材の重量は、表面乾燥飽和状態 (§ 55 參照) に於ける重量である。示方配合容積比 1:2:4 と言ふのは、セメント 1 m³ (1500 kg) に對し、細骨材 2 m³、粗骨材 4 m³ を使用するコンクリートである。此の場合、骨材の容積は、空氣中乾燥状態又は表面乾燥飽和状態に於ける骨材の容積を、骨材單位容積重量試験標準方法 (§ 430 參照) の棒突き方法によつて測定した時の容積を言ふのである。

示方配合比に於ける細骨材は、凡て板篩5を通過し、粗骨材は凡て板篩5に残留するものとする。コンクリートに於ける細骨材の量は、ウオーカピリチー、使用水量、従つて、使用セメント量にかなり大きい影響を有するものであるから、上記の様に、細粗骨材を正しく區別した示方配合比は、各所に於けるコンクリートの配合比の比較にも役立つものである。

現場配合比と言ふのは、示方配合比を、現場に於ける細粗骨材の區別に關する餘猶、骨材の含水量、細骨材の表面水による膨み、及び材料の計量方法、等を考慮して表はしたものである。

現場に於ては、板篩5を全部通過する細骨材、及び、板篩5に全部残留する粗骨材を使用することは困難であり、又、其の必要もない。然し、現場で、示方配合比の通りに骨材を計量する爲には、板篩5に残留する細骨材は之を粗骨材とし、板篩5を通過する粗骨材は、之

を細骨材としなければならない。

示方配合重量比に於ける骨材の重量は、其の水分に關して、表面乾燥飽和状態のものであるが、現場で斯の如き状態の骨材を得ることは一般に出来ない。依つて、現場で骨材を計量する時は、骨材の含水量に對する修正に就いて考慮しなければならない。

骨材を容積で計量する時は、細骨材の表面水に依る膨み、及び現場に於ける材料計量の方法と棒突き方法との差による容積の差、等に就いて考慮しなければならないことは、當然である。

依つて、現場で、示方配合比の通りに材料を計量するに就いて、混雑や誤を起さない爲に、示方配合比を現場配合比で示す必要があるのである。

コンクリート又はモルタルのセメント糊中に於ける水量は、セメント水重量比又は水セメント重量比で表はされる。此の場合、水セメント重量比又はセメント水重量比と使用セメント量とから計算される水量は、表面乾燥飽和状態の骨材を使用して造つた、新しいコンクリート中に於ける水量である。即ち、乾燥した骨材を使用する時は、骨材の吸水量を使用水量から減じ、表面水を有する骨材を使用する時は、表面水量を使用水量に加へた、水量である。

セメント水重量比は、之とコンクリートの壓縮強度との關係が、普通の範圍に於て、直線的である利益がある。水セメント重量比は有效數字が2桁で十分であるに比し、セメント水重量比では有效數字3桁を探らなければならない點が不便である。水セメント重量比は、從來、廣く用ゐられたものである。

配合及び水量の表はし方に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第23條 配合及び水量の表はし方

(1) 示方配合はセメント、細骨材及び粗骨材の重量比又は容積比を以て表はすものとす。但し容積比を以て表はすときは、セメントの容積は重量 1500 kg を以て 1 m³ とし、骨材の容積は『骨材の單位容積重量試験標準方法』(附録第4章)に依りて測定したるものとす。

(2) 現場配合比とは示方配合比を現場に於て、細骨材の表面水に依る膨み、材料計量方法其の他を考慮して表はしたるものを言ふ。

(3) コンクリート又はモルタルのセメント糊中に於ける水量は、セメント水重量比又は水セメント重量比を以て示すものとす。』

§ 100. 配合の設計

コンクリートの配合設計と言ふのは、與へられたコンクリート材料を用ゐて、所要の性質

を有し、且つ經濟的なコンクリートが得られる様に、配合及び水量を決定することで、コンクリート材料の選擇を終つた後、コンクリートを造るための第1の手段である。

強度、水密性及び耐久性、等に關して満足なコンクリートを造るためには、是等の性質のコンクリートを造るに適するセメント糊を以て、骨材粒の總ての表面を覆ひ、骨材粒間の間隙を充すと同時に、作業に適するウオーカビリチーを得るに必要な量のセメント糊を使用することが必要である。

所要の性質及びウオーカビリチーのコンクリートを與へる配合及び水量は澤山あるから、其のうちで、最も經濟的なものを見出すことが必要である。

セメントは、コンクリート材料のうちで最も高價なものであり、セメント糊がコンクリートの性質を決定する主要部分であるから、コンクリートの配合及び水量の設計は、或るセメント糊の最小量を以て、作業に適するウオーカビリチーのコンクリートを造り得る様に、細粗骨材の配合比を決定することに歸着する場合も尠くない。セメントの使用量をなるべく尠くする様に努めることは、容積變化の尠いコンクリートを造る目的からも、極めて大切である。然し、骨材の單價も亦、或る程度まで、配合及び水量の設計に關係を有すものである。如何となれば、所要の性質及びウオーカビリチーのコンクリートの單價を最小にすることが、配合決定の基準であるからである。

材料が與へられたとして、コンクリートの配合及び水量を設計するには、

- (1) セメント水重量比或は水セメント重量比、
- (2) セメント使用量或はセメント骨材比、
- (3) 骨材の粒度或は粗細骨材重量比、
- (4) ウオーカビリチー、

の4つの事項に就いて考慮しなければならない。

一般に、是等の4つの事項を任意的に選ぶことは出来ない。普通、是等の事項の2乃至3が、構造物の種類、設計上の假定から來る條件、耐久性に關する一般の經驗、等によつて定められ、残りは、コンクリートの運搬、取扱ひ及び打込み等の、設備、手段及び方法に適合するウオーカビリチーを有する經濟的なコンクリートが得られる様に、適當に定められるのである。

依つて、先づ、是等の事項がコンクリートの性質に及ぼす影響に就いて述べ、第2節で、配合及び水量の設計方法を説明する。ウオーカビリチーに就いては、§ 89 に述べてある。

§ 101. セメント糊の品質とコンクリートの強度との關係

セメント糊の品質と、コンクリートの強度及び其の他の性質との間には、**水セメント比法**と稱せられる次の関係がある。

清浄で強硬な骨材を使用するプラスチックなコンクリートに對し、或る施工上の條件の下に於て、コンクリートの強度及び其の他の性質は、セメント糊の品質によつて支配される。茲にプラスチックなコンクリートと言ふ意味は、コンクリートのウオーカビリチー及び強度に對して必要なセメントの最小量以上のセメント量を使用する、ウオーカブルなコンクリートのことである。

セメント糊の品質は、セメント糊中に於けるセメントと水との割合に關するものである。セメント糊の品質を示す爲に、

セメント空間比 (Prof. A. N. Talbot),

セメント空隙比 (M. O. Withey),

水セメント比 (D. A. Abrams),

セメント糊の比重 (R. L. Bertin),

セメント水比 (Prof. I. Lyse),

等が提唱されたが、是等は凡て同様な考へに基くもので、現今は、水セメント比又はセメント水比が一般に用ゐられて居る。それは、適當に造つた新しいコンクリートに於ける空隙は、之を無視して差支へないから、實用的の目的に對して、新しいコンクリートに於ける空隙は、使用水量に等しいと考へることが出来るからである。使用水量は、總てのコンクリートに對して直接に測ることが出来るが、空隙其の他は、間接な方法で測らなければならない。依つて、實際のコンクリート工事上からは、水セメント比又はセメント水比を使用するのが便利なのである。

D. A. Abrams が發表した (1918) コンクリートの壓縮強度と水セメント比との關係式は、

$$\sigma = \frac{A}{B^x}$$

である。茲に、

σ は壓縮強度、

x は水セメント重量比、

A は定數で、主として骨材の種類に關係する。

B は定數で、セメント及び骨材の種類、コンクリートの材齡、等に關係する。

水セメント重量比の代りに、セメント水重量比を用ゐると、之とコンクリートの壓縮強度との間の關係は、

$$\sigma = A + B \frac{c}{w}$$

で表はすことが出来る。茲に、

σ は壓縮強度、

A 及び B は定數で、材料及び試験の條件に關係する。

$\frac{c}{w}$ はセメント水重量比、である。

§ 90 に述べた様に、骨材が一定である場合、或る流動性のコンクリート 1 m³ を得るに必要な水量は、セメント使用量の多少の變化に關せず、ほぼ一定であるから、今、此の一定な水量を W kg、コンクリート 1 m³ に使用するセメント量を C kg とすれば、セメント水重量比と壓縮強度との關係式は、

$$\begin{aligned} \sigma &= A + \left(\frac{B}{W}\right) C \\ &= A + K C \end{aligned}$$

となり、コンクリートの壓縮強度は、セメントの使用量に正比例することが判かる。

セメント水重量比と壓縮強度との關係式に於ける定數 A 及び B を定めるには、與へられた材料を用ゐて、壓縮強度試験を行はなければならない。猶ほ、其の結果を現場のコンクリートに應用するに就いては、過去の經驗に準據する必要がある。

壓縮強度試験を行ふことが出来ない時には、從來の試験の結果が參考になる。

標準養生 (§ 190 參照) を行つたコンクリートの材齡 28 日の壓縮強度 (σ_{28}) と、セメント水重量比 ($\frac{c}{w}$) との關係は、普通のポルトランド セメントを使用する場合に對し、

$$\sigma_{28} = -89 + 171 \frac{c}{w} \quad \text{kg/cm}^2$$

優良なセメントを使用する場合に對し、

$$\sigma_{28} = -126 + 215 \frac{c}{w} \quad \text{kg/cm}^2$$

位と考へてよい。

米國の聯合委員會の標準示方書 (1940) は、普通ポルトランド セメントを使用する場合、 σ_{28} が 175 kg/cm² 乃至 315 kg/cm² のコンクリートに對し、

$$\sigma_{28} = -130 + 220 \frac{c}{w} \quad \text{kg/cm}^2$$

を推奨して居り、一層安全を採る必要がある場合に對しては、

$$\sigma_{28} = -79 + 168 \frac{c}{w} \quad \text{kg/cm}^2$$

を推奨して居る。

水セメント重量比に關し、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

〔第 25 條〕セメント水重量比又は水セメント重量比

セメント水重量比又は水セメント重量比は、コンクリートの所要圧縮強度に応じて試験の上之を定むるものとす。

已むを得ず試験に依らざる場合には、材齢28日に於ける圧縮強度約135~210 kg/cm²の場合に對し、表-3の値を標準とす。

表-3 材齢28日に於けるコンクリートの圧縮強度 (kg/cm²)

普通セメント	
JESに依る材齢28日の耐圧強度	
300 kg/cm ² 以上 400 kg/cm ² 未滿のとき	$\sigma_{28} = -70 + 105 c/w$
400 kg/cm ² 以上 500 kg/cm ² 未滿のとき	$\sigma_{28} = -90 + 135 c/w$
500 kg/cm ² 以上のとき	$\sigma_{28} = -150 + 190 c/w$
早強セメント	$\sigma_{28} = -155 + 210 c/w$
高強セメント	
JESに依る材齢28日の耐圧強度	
300 kg/cm ² 以上 400 kg/cm ² 未滿のとき	$\sigma_{28} = -105 + 110 c/w$
400 kg/cm ² 以上 500 kg/cm ² 未滿のとき	$\sigma_{28} = -135 + 140 c/w$
500 kg/cm ² 以上のとき	$\sigma_{28} = -165 + 175 c/w$
茲に c/w : セメント水重量比	

表-3のセメントの耐圧強度は、硬練りモルタル試験によるセメントの耐圧強度である。早期及び長期に於ける圧縮強度の増加率は、セメントの種類及び粉末度、等によつて異なるものである。

以上に述べた、セメント糊の品質とコンクリートの圧縮強度との関係は、引張強度、曲げ強度、磨耗に對する抵抗力、等に於ても同様である。

§ 102. セメント糊の品質とコンクリートの強度以外の性質との関係

セメント糊の品質とコンクリートの強度以外の性質との関係は、次の如くである。

(1) ヤング係数 (§ 308 参照)

コンクリートの強度を高めると同じ条件が、コンクリートのヤング係数を高める。即ち、水セメント重量比の小さいコンクリートは、ヤング係数が大きい。

(2) クリープ (§ 316 参照)

一般に、コンクリートの強度を大ならしめる条件は、コンクリートのクリープを減ずる。

(3) 水密性及び耐久性 (第14章第2節及び第4節参照)

同一のセメント及び骨材を使用するコンクリートに於て、コンクリートの水密性及び耐久性は、強度の場合と同様、一般に、セメント糊の水セメント比が小さい程、大きい。

近來、セメントの強度の増進及びコンクリートの製造技術の進歩により、所要の圧縮強度

を有するコンクリートを造ることが比較的容易になつた結果、圧縮強度のほか、コンクリートの水密性及び耐久性を特に重要視するに到つて居る。コンクリートが耐久である爲には、十分水密的であることが必要であつて、水の侵入を許す豆板其の他の缺點のないものでなければならない。之がためには、適當な水セメント比のセメント糊を、作業に適するウオーカピリチーが得られる丈の量使用し、打込み及び締固め作業に十分注意しなければならない。

現在の處では、コンクリートの所要の耐久性と、セメント糊の水セメント比との間の関係を、試験によつて定めるまでには進むで居ない。それは、所要の水密性及び耐久性を數字的に示すことが困難であること、水密性及び耐久性試験は一般に面倒であるのみならず、十分満足な試験方法もまだ出來て居ないこと、等に因るのである。それで、所要の水密性及び耐久性を得るために必要なセメント糊の水セメント比は、一般に、經驗によつて定められた所に従つて、之を定めなければならない。

水、風雨、寒暑、其の他の作用を受けるコンクリートに於て、其の耐久性を基として水セメント比を定める時には、第19表に示す値を標準とする。

第19表の値は、コンクリートがプラスチックでウオーカブルであり、密度の大きい齊等性のコンクリートが得られる様に打込み、締固め、適當に養生した場合に對するものである。

現今は、セメントの強度が非常に大になつたので、耐久的なコンクリートを造るに適當な第19表の水セメント重量比を用ゐれば、普通の場合、構造上の目的に對して、必要な強度以上の強度のコンクリートが得られる。

(4) 耐火性 (§ 324 参照)

コンクリートの耐火性は、骨材の種類によつて異なるが、骨材が同じであれば、セメント糊の水セメント比が小さい程、大きい。

(5) 容積變化 (第14章第3節参照)

コンクリートの容積變化は、セメント糊に於ける水セメント比が小さい程小さく、又、セメント糊の量が大きい程大きい。

コンクリートが硬化する際の發熱量は、コンクリートの容積變化に密接な関係がある。水セメント比が小さい程、發熱量が大きいから、コンクリートの容積變化も大きい。普通のコンクリート構造物に於ては、コンクリートの發熱が容積變化に及ぼす影響はたいしたものではないが、堰堤の様な大塊のコンクリートに於ては、發熱の影響を緩和するための手段が必要になる。それで、大堰堤の工事に於ては、出来る丈セメント使用量を小さくすること、發

第19表 種々の露出状態に對する水セメント重量比(百分率)

構造物の種類又は位置	露しいか又は中層の氣候, 温度變化が大きい雨又は凍結が續き, 又は凍結が融解が繰り返される場合				温和な氣候, 降雨又はは幾分乾燥氣味, 稀に雪又は霜を伴ふ場合			
	薄い断面		中庸の断面		薄い断面		中庸の断面	
	鉄筋コンクリート	無鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	無鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	無鉄筋コンクリート	鉄筋コンクリート	無鉄筋コンクリート
A. 水理構造物又は臨水構造物, 完全飽水若しくは時に飽水される可能性があるが, 絶えず水に侵つてゐない構造部分に於ける水線の部分	44	49	40	53	44	49	49	53
海水の場合				53				58
淡水の場合				58				66
B. 水線から離れて居るが, 時々水に覆れる水理構造物又は臨水構造物	49	53	53	58	49	53	58	62
海水の場合				62				66
淡水の場合				66				66
C. 上記の何れにも屬しない普通の露出状態の構造物, 建築物及び橋梁	53	58	58	62	53	58	62	66
D. 絶えず完全に水中に侵つて居る構造物	53	58	58	62	53	58	62	66
海水の場合				66				66
淡水の場合				66				66
E. 水中コンクリート				49			49	49
F. 地面に直接に打たれる舗装版	49	58	53	62	49	58	53	66
上層				62				66
基層				66				66

G. 特別な場合

- (a) 強硫酸性流體の地下水, 又は其の他の腐蝕性流體又は鹽類に曝されるコンクリートに對しては, 最大水セメント重量比を44%以上としない。
- (b) 建築物の内部及び全く地下に埋設された構造物の様に, 全然氣象作用を受けないコンクリートに對しては露出による危険はなく, 従つて水量は強度及びウオウカチーの方から決定する。

熱量の多いセメントを使用することのほかに, 熱を取去るために, コンクリート中に埋込む鉄管に冷却水を通して, 収縮繼目のグラウチングを行ふ前に, 全コンクリート體が年平均氣温になる様にすることもあるのである。

前に述べた様に, 強度, 水密性及び耐久性, 等の大きいコンクリートを造ることは, 使用セメント量の増加によつて, 比較的容易に目的を達することが出来るが, 容積變化の多いコンクリートを造るためには, 經濟上の問題は別としても, 出来るだけ少量のセメントを使用しなければならない。之が, 大塊コンクリートの配合の決定に於て, むづかしい點の一つである。

§ 90 に述べた様に, 與へられた細粗骨材混合物に對して, 流動性を同じに保てば, 使用水量もほぼ一定であるから, 所要の強度或は耐久性を得るために必要なセメント量も定まる。依つて, セメントの使用量を減ずるには, 使用水量を減ずること, 即ち, 流動性の多い硬練りコンクリートを使用するより仕方がないことになる。而して, 硬練りのコンクリートを用ゐて, 所要の性質のコンクリートを造るには, 十分な締固めが是非必要になる。堰堤其他のコンクリート施工に於て, 振動機の使用を必要とする理由は, こゝにあるのである。

§ 103. セメントの最小使用量

骨材の品質及び粒度が適當であれば, 或る點まではセメントの使用量を減じて, 水密的で, 耐久なコンクリートを造ることが出来るけれども, 骨材を有効に附着させるだけのセメントが不足する點に達すれば, 強度は兎も角として, 水密性及び耐久性の大きいコンクリートを造ることが出来ない。それは, セメントの使用量を或る程度以上少くすれば, 同じ流動性に對して, セメント糊が餘りうすくなり, セメント糊に於ける空隙が非常に大きくなるからである。

所要の水密性及び耐久性は, 構造物の種類及び構造物が氣象作用を受けるか否か等によつて異なるから, 許容し得べきセメントの最小使用量は, 構造物の種類其他によつて異なる。それで, 堰堤, 舗装, 鉄筋コンクリート, 等に於ては, 是等の過去の成績に關する經驗から, 必要であると考へられるセメントの最小使用量が定められる。殊に, 鉄筋コンクリートに於ては, 鉄筋の防錆及びコンクリートと鉄筋との附着力を十分にするため, 適當な水セメント比のセメント糊で鉄筋を完全に包むことが必要であり, 又, 十分水密的でなければならないから, セメントの最小使用量を規定することが必要なのである。

各種の構造物に對するセメント使用量の範圍は, 大體, 第20表の如くである。

第20表

各種の構造物に使用するコンクリートの流動性、セメント使用量及び骨材の最大寸法

構造物の種類	流動性	コンクリート1m ³ に使用するセメント量(kg)	粗骨材の最大寸法(cm)
大塊コンクリート { 堰堤, 大きい橋脚, 大きい基礎	中硬練り	195~280	7.5~15
相当體積の大きいコンクリート { 橋脚, 厚い壁, 基礎, 大きいアーチ及び大梁	中硬練り 中軟練り	225~340	5~10
舗装の類 { 路面, 厚い版, 相当厚い礎段	中硬練り 中軟練り	250~340	4~6
大きい鉄筋コンクリート構造の類 { 大きい部材, 小さい橋梁, 中層の礎段, 鉄筋の間隔が相当広い時	中軟練り 軟練り	280~390	2.5~5
小さい鉄筋コンクリート部材 { 薄い版, 小さい柱, 鉄筋使用量の多い部材, 鉄筋間隔が小さい部材	軟練り	310~390	1~2.5

セメントの最小使用量に就き、鉄筋コンクリート標準方書は、次の様に規定して居る。

『第24條 セメントの最小使用量』

鉄筋コンクリートに於ては、出来上りコンクリート1m³に付き、少くとも300kgのセメントを使用すべし。但し橋梁、其の他の構造物にして、煤煙、乾濕、鹽分等に對し特に鐵筋の防護を必要とする場合には、前記の最小使用量を増大すべし。

振動機を使用する場合、又は寸法大なる構造物にして、其の受くる應力度が許容應力度より特に低く、鐵筋防錆に支障なき場合等に於ては、前記の最小使用量を270kgまで減少することを得。』

§ 104. 粗骨材の最大寸法及び粗細骨材比

粗骨材の最大寸法は、或る水セメント比及び流動性のコンクリートに對して、必要なセメント糊の量に大きい影響を有すること、粗骨材の最大寸法は、一般に構造物の種類によつて定まること、材料の分離を最小にするため、最大寸法の大きい粗骨材を使用する貧配合のコンクリートは、之を無筋のコンクリートのみを使用すること、等に就いては、§ 70, § 95, 及び § 97, 等に述べた通りで、大體の標準は第18表及び第20表に示してある。

コンクリートに於けるセメント糊の量は、コンクリートの流動性、従つて、ウオーカピリチーに影響する。セメント糊の量を減すれば硬練りになり、増加すれば軟練りになる。セ

メント糊の附着力と骨材の粒度とが相俟つて、セメント糊の比較的うすい連続した膜によつて、混吊に保ち得る骨材の量を支配するのであるから、セメント糊が濃い程、即ち、水セメント比が小さい程、粗細骨材比の大きい値で、ウオーカブルなコンクリートが得られ、セメント糊がうすい程、即ち、水セメント比が大きい程、所要のウオーカピリチーに對して、粗細骨材比を小さくしなければならない。

一般に、粗細骨材比を大きくすれば、或るウオーカピリチーのコンクリートを得るために必要なセメント糊の量は減するが、粗細骨材比が或る値以上になると、コンクリートが荒々しくなり、材料の分離を起す傾向が大きくなり、コンクリートがプラスチックでウオーカブルで無くなる。依つて、此の値よりも大きい粗細骨材比で、所要のウオーカピリチーのコンクリートを得るためには、濃いセメント糊を使用しなければならないことになる。即ち、セメントの使用量を増加して、水セメント比を小さくしなければならない。此の時、コンクリートの強度は増加するが、コンクリートの單價も高くなる。極端な場合として、細骨材を用ゐないとすれば、所要のウオーカピリチーのコンクリートを得るために、非常に濃いセメント糊を多量に使用しなければならないから、必要なセメント量が非常に増大するのである。

水セメント比の値を、強度、耐久性其の他から定まる値よりも小さくすることは、不必要であり、又、一般に不經濟であるから、或る水セメント比のセメント糊と骨材とに對して、所要のウオーカピリチーが得られる範圍に於て、必要なセメント糊の量が最小である様な粗細骨材比が、經濟的見地から最も望ましいものである。而して、或る水セメント比のセメント糊に對して、最も作業に適するウオーカピリチーを與へる粗細骨材比があり、逆に、或るウオーカピリチーに對して、セメント糊の量、従つて、使用水量の最小な粗細骨材比がある。

(所要のウオーカピリチーと經濟とに關して、適當な粗細骨材比の値に大きい關係を有するものは、細骨材の粒度である。實用上の範圍に於て、細骨材粒が小さい程、又、配合が富である程、粗細骨材比を大きくすることが出来る。經驗によると、或る水セメント比のセメント糊に對して、所要のウオーカピリチーのコンクリートを造るには、細骨材は、網篩0.3を通過するものの適當量を含むことが必要である。網篩0.3を通過すべき微粒の量は、セメント糊の水セメント比によつて異なるもので、セメント糊が濃い場合には、比較的少量でよいが、うすい場合には、相當多量を必要とする。水セメント重量比が57.5%のセメント糊に對し、適當なウオーカピリチーを得るには、網篩0.3を通過する微粒の量約10%が必要である。

細骨材に於ける微粒が不足する時、ウオーカピリチーをよくするための普通の方法は、粗細骨材比を小さくするにあるが、之は、富配合のコンクリートの場合のほかは、材料の分離及び水の上昇を防ぐのに有效でない。

粗粒の非常に多い細骨材を使用すると、つぶつぶで、仕上げに困難なコンクリートが出来る。それで、粗粒の量の多い細骨材を使用する時、粗骨材は、砂の粗粒の大きさの粒を極く少量含むことが必要である。

§ 105. 粗細骨材比を決定する諸方法

粗細骨材比は、一般に、作業に適するウオーカビリチーが得られる範囲に於て、之を大きく採る程、経済的なコンクリートが得られることは、§ 104 に述べた通りである。

小工事の場合で、粒度が適当な骨材を使用する場合には、粗細骨材比は、経験を基として、之を決定すればよい。極く大體の標準は、第21表の如くである。

第21表 粗細骨材重量比の値

粗骨材の最大寸法 mm	粗細骨材重量比	
	貧配合	富配合
20	1	1.5
25	1.15	1.7
40	1.33	2.0
50	1.5	2.33

又、第22表の値も参考になる。

然し、大工事又は大切な工事に於ては、粗細骨材比の最適値を決定する爲に、相當な研究をするのが有利である。適当な粗細骨材比を決定する方法の主なもの、3つある。

(1) は、骨材の空隙を基として、粗細骨材比を決定する方法で、粗粒の骨材の空隙をそれよりも小さい粒の骨材で順次填充する様に、骨材の粒度を定めるものである。此の方法は、§ 109 に述べてある。

(2) は、篩分け試験の結果を基として、適当な粗細骨材重量比を決定する方法である。之に2つの方法がある。

1つは、細粗骨材混合物の粒度を、或る範囲内にある様に定めるか、又は或る標準粒度曲線に合する様に定める方法である。此の場合に於ける骨材粒度の範囲又は標準粒度曲線は、實驗又は経験により、或る工事に於ける骨材の種類、最大寸法、セメント使用量及び流動性、等に對し、最適のコンクリートを生ずる様に豫め定められたものである (§ 59 参照)。

他の方法は、細粗骨材混合物の粗粒率 (§ 60 参照) が、實驗的に定められて居る範囲内にある様に、粗細骨材比を定める方法である。

セメントの使用量は、コンクリートのウオーカビリチーに關係するから、使用セメント量

に應じ、粗細骨材比を定めなければならない譯である。然し、或る工事に於て、或る種類の構造物に使用するセメント量の變化は、比較的小範圍であるから、斯の如き場合に對しては、セメントの使用量を考慮しないで、細粗骨材混合物の粒度の範囲、標準粒度曲線、粗粒率の範囲、等を豫め定めることが出来るのである。但し、骨材粒は體積を有するのに、篩分けは平面上の篩目を通過させるのであるから、骨材粒が凡て球でない限り、篩分け試験其のものが近似的のものであつて、たゞ、適当な代表的試料が得られる時丈けに好結果を與へるものである。以上の理由により、骨材の篩分け試験の結果を基として定めた粗細骨材の配合は、試験バッチによつて適當に修正する必要があるのである。

猶ほ、實際に於ては、現場で比較的容易に入手できる骨材を使用しなければならないから、一定の標準粒度に全く合する様な細粗骨材の混合物を用ゐることは甚だ困難である。それで、或る現場に於いて澤山の實驗の結果や、経験が出來た時、(2) の方法が非常に有要となるのである。

(3) は、試的方法である。(1) 及び (2) の方法は、適当な粗細骨材比を決定するのに便利な参考資料となるものであるが、一般の場合に對しては、試的方法による方が、最も満足な結果が得られ、且つ便利である。試的方法に就いては、§ 113 乃至 § 115 に述べてある。

猶ほ、熟練な技術者が現場でコンクリートを觀察すれば、砂が過多であるか、過小であるかは、容易に判斷出来るものである。それで、出來て居るコンクリートの粗細骨材比が不適當であるならば、現場で、適當な修正を施すことが必要になる。其の方法は、§ 115 に述べてある。

第2節 配合の設計方法

§ 106. 概説

或るコンクリート又は鐵筋コンクリート構造物に使用すべきコンクリートの、経済的配合を決定する爲の完全な方法は、次の如くであると思はれる。

使用し得べき各種の材料を以て、各種の配合及び水量のコンクリートを製造し、是等のコンクリートのウオーカビリチー、壓縮強度、水密性、耐久性、磨耗に對する抵抗、等の試験を行ひ、是等のコンクリートを以て其の構造物の設計をなし、一切の工事費を計算し、其の結果から、最も経済的に且つ安全に構造物建造の目的を達し得る材料、配合及び水量のコンクリートを決定する。此の方法は、コンクリート又は鐵筋コンクリート構造物の設計及び施

工に精通した技術者が居り、コンクリートの配合決定の爲に要する時間と労力とを厭はない大工事に對して、最も完全な方法であつて、他のどんな方法を用ゐるにしても、此の方法に近い程、満足な結果が得られるのである。

然し、此の方法は一般に採用し得べきものではない。それで、成る可く手数を省いて、満足な結果を得むとして、澤山の研究が行はれ、種々の方法が案出されて居る。

現今、多く用ゐられて居るコンクリートの配合及び水量の設計方法は、次の4つに大別することが出来る。

- (1) 慣例による配合決定法 (§ 107 参照)
- (2) 骨材の空隙に應じて配合を定める方法 (§ 109 参照)
- (3) 所要の流動性及び性質のコンクリートを造るに對して、セメントの使用量を最小にする方法 (§ 110 参照)
- (4) 水セメント比の最大値が定められ、所要の流動性を有する經濟的コンクリートの配合を設計する方法 (§ 111 乃至 § 115 参照)

上記のどの方法によるにしても、配合及び水量を決定するには、實驗室に於ても、現場に於ても、實際コンクリートを造つて見て、事情の許す限り必要な試験を行ひ、所要のウオーカビリチー及び性質のコンクリートを得る様に努めることが大切である。

一般に、水セメント比を基とする方法によれば、配合の加減をするのに便利であり、又、經濟的な配合の設計が容易に出来る。

§ 107. 慣例による配合決定法

此の方法は、コンクリート使用の目的に應じ、從來の慣例によつて、何等の實驗を行はずに配合を決定し、水量は作業に適するウオーカビリチーを得る様に現場で定める。従つて最も簡單ではあるが、極めて粗雑な方法である。

故に、此の方法は、極めて少量のコンクリートを造る場合、比較的大切でない工事の場合、材料の性質及び骨材の粒度などが既知であり、其の變化が小範圍である場合、又は、配合の決定について他の一層手数のかかる方法を用ゐることが出来ない様な場合、等にも用ゐられる。

普通に用ゐられる配合の慣例は、容積比で、次の如くである。

- 1:1:2 大きい壓縮強度及び水密性を必要とする時に用ゐられる甚だ富配合のものである。
- 1:1:3 前者ほど壓縮強度は大きくないが、以上と同様な目的に使用される富配合のものである。

1:2:4 標準配合などと稱せられ、鐵筋コンクリート工事に最も廣く用ゐられ、又、震動を受ける基礎などにも用ゐられるものである。此の配合のコンクリートは、屢々、材齡 28 日に於て 140 kg/cm² の壓縮強度を有するものと假定される。

1:2:5 機械の基礎、擁壁、橋臺、橋脚、普通の床、壁、等に用ゐられる中等配合のものである。

1:3:6 あまり大きくない應力を受ける大塊の構造物に使用される貧配合のものである。

1:4:8 實際上、自重のみを受ける様な大塊のコンクリートに使用される甚だ貧配合のものである。

猶ほ、水中コンクリートを施工する時には、セメントの流失に對して、以上よりも 1 割乃至 3 割餘分のセメントを使用することがある。

以上の配合は、粗骨材には 50% の空隙があるものと假定し、之を填充するために粗骨材の容積の $\frac{1}{2}$ の容積の細骨材を用ゐ、セメントの量はコンクリート使用の目的に應じて加減するか、又は細骨材の 2 倍の容積にセメントの容積を加へた和に等しい粗骨材を用ゐるものである。標準配合 1:2:4 は、細粗骨材に各々 50% の空隙があるものと假定し、粗骨材の空隙を細骨材で填充し、細骨材の空隙をセメントで填充すると言ふ考へに基くものである。

配合をセメントの容積と細粗骨材の混合物の容積との比で表はす時には、1:2:4 の配合は約 1:5、1:2:5 は約 1:6、1:4:8 は約 1:9 の配合に相當する。

§ 108. 米國聯合委員會のコンクリート及び鐵筋コンクリート標準示方書の表を用ゐる方法

第 22 表は、米國聯合委員會の標準示方書 (1940) が、配合及び水量の設計の參考として擧げて居る表で、(1) 粗骨材の最大寸法、(2) 材齡 28 日の壓縮強度 (σ_{28})、(3) コンクリート 1 m³ に使用するセメント量、(4) 最大水セメント重量比、(5) 粗細骨材重量比、(6) セメント 1 袋 (50 kg) に對する表面乾燥飽和状態骨材の近似量、等の關係が示してある。

第 22 表の値は、スランブ約 10 cm のコンクリートに對するものであるから、他のスランブの場合に對しては、セメント使用量を變化しなければならない。表に於ける數値は、極く近似的のものであるから、次の様にして、セメント使用量を修正すれば十分である。即ち、スランブ 2.5 cm の差に對して、セメント使用量をコンクリート 1 m³ に對して、7 kg 變化する。スランブが 10 cm 以上の時は、相當するセメント量を増加し、スランブが 10 cm 以下である時は、相當するセメント量を減する。

表に示す、水セメント重量比と壓縮強度との關係を、セメント水重量比と壓縮強度との關

第22表 配合及び水量設計の参考表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	壓縮強度 σ_{28} (kg/cm ²)	コンクリート 1m ³ に使用 するセメント 量(kg)	最大水セメ ント重量比 $\frac{w}{c}$ (%)	粗細骨材 重量比	セメント1袋に對する表面乾燥飽 和状態骨材の近似量 (kg)		
					全量	細骨材	粗骨材
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
25	158	274	71	1.17~1.5	352	149	203
50	158	251	71	1.33~1.7	394	160	234
75	158	229	71	1.5~1.94	447	165	282
25	193	312	62	1.22~1.55	304	128	176
50	193	285	62	1.18~1.35	341	133	208
75	193	262	62	1.57~2.05	384	138	240
25	210	335	58	1.27~1.63	277	112	165
50	210	307	58	1.38~1.65	314	122	192
75	210	285	58	1.5~1.94	351	128	223
25	232	363	53	1.33~1.7	250	101	149
50	232	335	53	1.44~1.86	282	107	175
75	232	307	53	1.86~1.57	319	117	202
25	260	402	49	1.4~1.78	234	85	139
50	260	374	49	1.5~1.94	250	90	160
75	260	346	49	1.63~2.13	282	96	186
25	300	447	44	1.44~1.86	197	75	122
50	300	413	44	1.57~1.86	224	80	144
75	300	380	44	1.7~2.23	250	86	164

係式で書くと、

$$\sigma_{28} = -79 + 168 \frac{c}{w}$$

となり、之は、普通ポルトランドセメントに對するものである。此の式は、試験を行はない場合に使用するものであるから、相當安全である様、定めてある。猶ほ、早強ポルトランドセメントを使用する時は、材齡7日で、普通ポルトランドセメントを用ゐる場合の材齡28日の強度を出すものと考へて安全である。

第22表に示す粗細骨材重量比は、極く近似的のもので、所要のウオーカピリチーのコンクリートを造る爲に、此の表の範圍以外の値を使用するのが適當である場合が屢々ある。猶ほ、此の數値は、細粗骨材の比重が相等しい場合に對するものであるから、比重が異なる場合には、比重の差に就いて考慮しなければならない。

セメント1袋(50kg)に對する骨材の重量の近似値は、表面乾燥飽和状態に於ける骨材

の比重が2.65である場合に對するものであるから、比重が g である骨材を使用する時には、此の表に示された近似値に、 $\frac{g}{2.65}$ を乗じた値を用ゐる。

§ 109. 骨材の空隙に應じて配合を定める方法

此の方法の主眼とする所は、空隙が最小であるコンクリート、即ち最大密度のコンクリートを造らむとするにあるので、他の事情が同じであれば、最大密度のコンクリートが最大強度を有するコンクリートであると言ふ、概念に基くものである。

骨材の空隙に應じて配合を決定するのに、次の3方法が普通に行はれて居る。

(1) 粗骨材の空隙を測定し、其の空隙を填充するに十分な丈のモルタルの量を使用する。粗骨材にモルタルを加へれば容積が増加するから、粗骨材の空隙をモルタルで十分填充することが出来る爲には、粗骨材の空隙よりも、場合に應じて、10%乃至20%餘分のモルタル量を使用することが必要である。

コンクリートの強度は使用したモルタルの強度に等しいと見てよい。

粗骨材の空隙を簡単に測定するには、既知の容積を有する容器に粗骨材を入れ、器の底から器の上面に達する迄注水し、其の水量を測ればよい。空隙率については、§ 57に述べてある。

(2) 空隙が最小になる様な細粗骨材混合物の配合を求め、其の混合物の空隙を填充し、なほ多少の餘裕ある丈の量のセメント糊を使用する。コンクリートの壓縮強度其の他は、水セメント比から判断する。

細粗骨材混合物の空隙が最小になる爲の是等の配合を求めるには、各種の配合に混合した混合物の單位容積重量を測定し、最大重量を與へるものを求めればよい。

此の混合物の空隙率は、§ 57に述べた方法によつて計算する。水を注入する方法では、細骨材中の空氣を完全に追ひ出して水で置換へることが困難であるから、正確な結果が得られない。

(3) 與へられた材料を以て、各種の配合及び水量のコンクリートを造り、其の單位容積の重量を測定し、單位容積の重量が最大である配合及び水量のコンクリートが、最大壓縮強度、最大水密性を有するコンクリートであると假定する。

之は、實驗に手數がかかるけれども、最大密度のコンクリートを造らうとする方法のうちで、最も其の目的に適する結果を與へるものである。

コンクリートの壓縮強度其の他は、水セメント比又はモルタルの強度から判断してよい。

以上、いづれの方法を用ゐるにしても、信頼し得べき結果を得る爲には、コンクリートの

壓縮強度試験を行つて、強度を照査する必要がある。

骨材の空隙は同じでも、其の大小粒混合の程度によつて骨材表面積の總和に大きい差を生ずるから、單に骨材の空隙のみを標準として配合を決定せむとする以上の方法が、不完全のものであることは明白である。

§ 110. セメント使用量と流動性とが定められて、コンクリートの配合を設計する方法

堰堤やコンクリート舗装の様な特殊の構造物の場合に於ては、構造物の過去の実績から、セメントの最小使用量と、工事の設備、コンクリートの取扱ひ、打込み、等に適する流動性などが、示方されることがある。此の場合の、配合及び水量の設計方法は、§ 112 乃至 § 115 に述べる配合及び水量の設計方法に準ずればよい。

各種の構造物に對して使用されるセメント量其の他は、第 20 表 に示してある。

§ 111. 水セメント比と流動性とを定めて、配合及び水量を設計する諸方法

水セメント比は、構造物の種類及び構造物使用の目的等に應じ、所要の強度、又は、所要の耐久性を基として、之を定める。

強度を基として、水セメント比を決定する爲には、コンクリートの強度とセメント水重量比との關係を求めるために、試験を行はなければならない。實驗室に於ける豫備試験の結果は、實際の構造物に於けるコンクリートの強度と異なるから、豫備試験の結果を用ゐるに就いては、此のことを考慮し、過去の經驗によつて、適當な修正を施すのが適當である。已むを得ず試験を行ふことが出来ない場合は、§ 101 に述べてある所に従つて、使用すべき水セメント比を定める。

氣象作用其の他を受けるコンクリートに於て、耐久性を基として水セメント比を定める必要がある場合には、第 19 表 を參考として、之を定める。

骨材の最大寸法及びコンクリートの流動性は、作業に適するウオーカピリチーのコンクリートが得られる様に、之を決定しなければならない。此の點に就いては § 95 に述べた通りで、各種の構造物に對して適當なスランプ及び粗骨材の最大寸法は、第 18 表 に示してある。

水セメント比及び流動性を基として、配合の設計をするのに多くの方法がある。次に、簡単な實用的方法と、大切な工事に用ゐられる試的方法とを説明する。

§ 112. 簡単な配合設計法

此の方法は、骨材に關して其の最大寸法だけを考慮し、粒度に就いて考慮しない點が不完全であるが、非常に簡單であるのみならず、粒度が特に悪くない骨材を使用する場合には、實際上の多くの場合に對し、満足な結果を與へるものである。

第 1 段

コンクリートの強度を基とする時は § 101 に述べた所により、耐久性を基とする時は第 19 表 に依つて、適當な水セメント比を選定する。

第 2 段

構造物の種類及びコンクリート打ちの作業に應じて、粗骨材の最大寸法及びスランプを選定する (§ 70, § 95, § 97, 第 18 表, 第 20 表 参照)。

第 3 段

定めた最大寸法の粗骨材に對して、所望のスランプのコンクリート 1 m³ を造るに必要な水量を定める。

簡単に配合及び水量の設計をする場合、同じ骨材に對し、コンクリート 1 m³ に使用する水量が同じであれば、コンクリートの流動性は、セメント使用量の多少の變化に關せず、ほぼ一定であると假定してよい (§ 90 参照)。それで、粒度が適當である砂及び砂利を使用する時、コンクリート 1 m³ に使用する水量とスランプとの關係は、大體、第 23 表 の値を用ゐることが出来る。

第 23 表 コンクリート 1 m³ に使用する水量とスランプとの關係

砂利の最大寸法	コンクリート 1 m ³ に使用する水量 (kg)		
	スランプ 2.5 cm ~ 5 cm	スランプ 7.5 cm ~ 10 cm	スランプ 15 cm ~ 17.5 cm
20 mm	174	180	208
25 mm	164	179	198
40 mm	159	174	194
50 mm	150	164	179

第 4 段

1 m³ のコンクリートに使用するセメント量を定める。之は前に定めた水セメント比と、使用水量とから容易に計算出来る。

第 5 段

コンクリート 1 m³ に使用する骨材の全重量を求める。之に 2 つの方法がある。

(1) は、簡単であるが多少不正確である。

先づ、コンクリート 1 m³ の重量を假定する。普通の砂利コンクリートに対しては、之を 2350 kg と假定すればよい。此の値は、粒度が荒い骨材に対しては大きすぎるし、粒度の細かい骨材に対しては少し小さ過ぎるが、普通の場合に對しほゞ適當な平均値である。

コンクリート 1 m³ の重量から、コンクリート 1 m³ に使用するセメント及び水の重量を減ずれば、コンクリート 1 m³ に使用すべき骨材の全重量が計算出来る。

(2) は、骨材の比重を用ゐる方法で、(1) よりも多少正確である。

骨材の比重は、2.63 と假定すれば安全である。然れば、骨材の固體單位重量 (§ 56 参照) は、2630 kg/m³ である。

セメント糊の容積は、セメントと水との總體容積の和であつて、之を V_p とすれば

$$V_p = \frac{C}{1000 g_s} + \frac{W}{1000} \text{ (m}^3\text{)}$$

である。茲に C 及び W は、夫々コンクリート 1 m³ に使用するセメント及び水の重量 (kg)、 g_s はセメントの比重、である。

1 m³ から V_p を減じたものが、骨材の固體容積である。故に、 $(1 - V_p)$ に 2630 を乗じたものが、コンクリート 1 m³ に使用すべき骨材の重量 (kg) となる。

第6段

粗細骨材重量比を定めれば、前段の結果から、コンクリート 1 m³ に使用すべき細粗骨材夫々の重量が求められる。

適當な粗細骨材比は、骨材の粒度に大きい關係を有するものであるから、一般の標準を示すことは甚だ困難である。一般的の原則としては、§ 104 に述べた様に、作業に適するウオーカビリチーを得る範圍に於て、粗細骨材比を大きくすれば、經濟的なコンクリートが得られる。

使用する骨材に對する過去の經驗があれば、之に従ふのが便利であるが、然らざる場合、大體の見當をつけるには、第21表及び第22表の値が参考になる。

猶ほ、普通のコンクリート工事に對しては、粗骨材の絕對容積を、砂利に對して 0.45、碎石に對して 0.50、に採れば、十分安全な結果が得られるものである。

第7段

以上の様にして、所要の性質及びスランプを有するコンクリートの配合及び水量が決定出来るが、猶ほ、安全のために、上記の様にして決定した凡ての材料を 1% 乃至 2% 増大したものを、設計の配合及び水量とするがよい。

上述の方法は、甚だ近似的のものであるが、之は假定が近似的である丈けで、使用する材

料に對する水セメント比と強度との關係、所要のウオーカビリチーを得るために必要な水量、適當な粗細骨材比、等を實驗によつて定めれば、極めて満足な結果に達し得るものである。

例題

粗骨材の最大寸法が 50 mm で、粒度が適當な砂及び砂利を使用し、スランプ 7.5 cm 乃至 10 cm, $\sigma_{28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートの配合を設計せよ。

解

(1) セメント水重量比と壓縮強度との關係式は、§ 108 に述べた、

$$\sigma_{28} = -79 + 168 \frac{c}{w}$$

を用ゐてみる。然れば $\sigma_{28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートを得るには、

$$210 = -79 + 168 \frac{c}{w}$$

$$\therefore \frac{c}{w} = 1.72$$

$$\text{或は } \frac{w}{c} = 58\%$$

(2) 今、砂利の最大寸法が 50 mm であり、所望のスランプが 7.5 cm 乃至 10 cm であるから、第23表によりて、コンクリート 1 m³ に使用する水量を 164 kg に採る。

(3) 然れば、コンクリート 1 m³ に使用すべきセメント量は、

$$164 \times \frac{c}{w} = 164 \times 1.72 = 282 \text{ kg}$$

(4) セメント糊の容積は、セメントの比重を 3.15 と假定する時、

$$V_p = \frac{282}{3150} + \frac{164}{1000} = 0.254 \text{ m}^3$$

故に、コンクリート 1 m³ に使用すべき骨材の重量は、骨材の比重を 2.63 と假定する時、

$$(1 - 0.254) \times 2630 = 1960 \text{ kg}$$

(5) コンクリート 1 m³ に使用するセメントの量が 282 kg であるから、あまり貧配合でもないし、富配合でもない。第21表によれば、粗細骨材重量比を 1.5 乃至 2.33 に選べばよいし、第22表によれば 1.4 乃至 1.7 に選べばよいことが判かる。又、砂利の絕對容積を、0.45 に採れば、使用すべき砂の絕對容積は、

$$1 - 0.254 - 0.45 = 0.296$$

であるから、砂及び砂利の比重を相等しいと假定すれば、砂利砂重量比は $0.45 \div 0.296 = 1.5$ となり、之は十分安全な値である。依つて、今、砂利砂重量比を 1.6 に選べば、コンクリート 1 m³ に對し、

$$\text{砂は } 1960 \div 1.6 = 1225 \text{ kg}$$

Handwritten calculations and notes on the right side of the page, including a vertical calculation of 1210, 750, 910, 205, 1105, 205, 1310.

砂利は $1960 - 750 = 1210 \text{ kg}$

を使用すべきことになる。

(6) 猶ほ、安全のために、凡ての材料を2%増すとすれば、所要のコンクリート 1 m^3 を造るには、セメント 287 kg, 水 167 kg, 砂 765 kg, 砂利 1230 kg を使用すべきことになる。

§ 113. 實驗室に於ける試的方法

(1) 概 説

實驗室に於て、水セメント比を基として配合及び水量を設計する試的方法は、種々の配合の骨材混合物が所要のウオーカビリチーを得るに必要な、或る水セメント比のセメント糊の量を試的に求め、是等のコンクリートのうちから、最も經濟的のものを選定するにある。最初に試みる配合及び水量は、§ 112 に述べた簡易法又は過去の經驗から之を決定し、所要のウオーカビリチーを得るまで、粗細骨材比及び水量を變化して試験を行ふ。そして、是等のコンクリートのうちで最も經濟的なものを選定する。普通、セメント糊の使用量の最小なコンクリートが、最も經濟的なコンクリートである。

最も經濟的な配合及び水量を設計するために、如何程の数の試験バッチを造るべきかは、コンクリート工事の大小、試験のために許される時日、及び試験費、等によつて定まるものである。

實驗室で設計した配合及び水量のコンクリートは、現場に於て、コンクリートの打込みに都合のよい様に、之を修正しなければならないものであることを忘れてはならない。コンクリートは、一般に、現場に於て、實驗室に於けるものよりも軟く見えるものである。それは、主として、混合の條件が異なることによるものの様である。然し、實驗室に於ける試験は、配合及び水量の變化の影響を秩序的に知ること、又、現場に於て必要な試験バッチの数を減らすこと、等に於て、大きい價値を有するものである。

(2) 方 法

與へられたコンクリート材料を以て、作業に適するウオーカビリチー、及び、所要の壓縮強度又は耐久性を有するコンクリートの、配合及び水量を設計する試的方法の順序は、次の如くである。

説明を簡單にするため、細粗骨材は、其の粒度に關して、夫々1種であるとする。

第1段

セメントの比重 (§ 418 參照)、骨材の比重 (§ 431 及び § 432 參照)、吸水量 (§ 433 及び

§ 434 參照)、單位容積重量 (§ 430)、を決定する。

已むを得ず是等の試験を行はない時は、ポルトランドセメントの比重は 3.15 とし、骨材の比重は、第11表によるか、2.65 位と假定し、吸水量は第9表により、骨材單位容積重量は第8表により、適當に假定する。

第2段

セメント糊の水セメント重量比は、之をコンクリートの壓縮強度の方から定める必要ある時は、從來知れて居る水セメント比と壓縮強度との關係 (§ 101) から判斷によつて定め、コンクリートの耐久性を基とする時は、第19表の値を用ゐる。

第3段

試験バッチの量は、粗骨材の最大寸法に應じ、なるべく現場に於けるコンクリートと同じ状態のコンクリートが得られる爲めに、大量に定める程よい譯である。然し、試験バッチの量が大になると作業が面倒になるから、作業が容易な點からは少量の方がよい。それで、大體、骨材の最大寸法によつて定まる壓縮強度試験供試體 (§ 447 參照) 1個乃至3個を造り得る量を用ゐるのが便利である。

試験バッチの量が定まれば、之を造るに要する骨材の量を、§ 112 第5段の方法によるか、第22表を參考とするか、又は其の他の方法で計算し、之に多少の餘裕を採つて、使用するべき骨材の全重量を定める。

第4段

粗骨材の最大寸法に應じ、最初の試験バッチに於ける粗細骨材比を、過去に於ける試験の結果、經驗、第21表又は第22表、を參考として、適當と思はれるよりも幾分小さく定める。そして、試験バッチに使用する細粗骨材を夫々計量する。實驗室に於ける骨材は、通常、空氣中乾燥状態であるから、之に骨材の吸水量に相當する丈の水を加へて約15分間放置し、表面乾燥飽和状態の骨材であると考へる。

第5段

第4段で造つた細粗骨材混合物に、第2段で定めた水セメント重量比のセメント糊を加へる。セメント糊は之を徐々に加へて混合し、出來たコンクリートの流動性を時々試験し、所要のウオーカビリチーが得られる時のセメント糊の量を定める。即ち、必要な流動性を示すために、スランプ、フロー其の他が與へられて居る時は、是等の試験を行ひ、所要のスランプ、外觀其の他から、ウオーカビリチーを判斷し、スランプ其の他が定められて居ない時には、なるべく現場に於けると同じ締固めを行つて見たり、運搬、打込みに都合がよいか、材料の分離、水の上昇が起らないかを觀察し、又、スランプ其の他の流動性試験も行つて、作

1950/1/10
700
0.4

業に適するウオーカビリチーであるか否かを判断して、適当なウオーカビリチーを得るまでセメント糊を加へて、其の量を求める。

第6段

第5段によつて、最初の試験バッチの粗細骨材比に對し、所要のウオーカビリチーを得るために必要なセメント糊の量が定まれば、次の様にして、此の粗細骨材比のコンクリート 1 m³ を造るに要する材料の量を計算する。

今、試験バッチに使用したセメント糊のセメント水重量比を k 、セメント糊の重量を P kg、とすれば、此のセメント糊中に於ける水の重量 w は、

$$w = \frac{P}{1+k} \text{ kg.}$$

であり、セメントの重量 c は、

$$c = kw \text{ kg}$$

である。

又、試験バッチに使用した細骨材の重量を s kg、粗骨材の重量を g kg とすれば、此のコンクリートの容積 V は、空気隙を無視する時、

$$V = \frac{w}{1000} + \frac{c}{1000g_c} + \frac{s}{1000g_s} + \frac{g}{1000g_g} \text{ (m}^3\text{)}$$

である (§ 56 参照)。

然れば、此のコンクリート 1 m³ を造るに要する材料の量は、

$$\text{セメント } C = \frac{c}{V} \text{ kg} \quad \text{水 } W = \frac{w}{V} \text{ kg}$$

$$\text{細骨材 } S = \frac{s}{V} \text{ kg} \quad \text{粗骨材 } G = \frac{g}{V} \text{ kg}$$

である。

よつて、是等に各材料の単價を乗じて和を求めれば、此のコンクリート 1 m³ の材料費が計算出来る。

コンクリートの流動性及び打込み方法が同じであれば、コンクリートの混合費、打込み費、等はほぼ一定であるから、コンクリートの単價の比較は、其の材料費を比較すればよい。

第7段

第2の試験バッチに於ては、骨材の全重量は最初の試験バッチと同じにし、粗細骨材重量比丈けを少し大きくし、最初の試験バッチと同様、所要のウオーカビリチーを得るに必要な、セメント糊の量を試的に求め、従つて、此の配合及び水量のコンクリートの 1 m³ の材料費を計算する。

第8段

第3の試験バッチに於ては、第2の試験バッチに於けるよりも、粗細骨材重量比丈けを大きくして、前の試験バッチに於けると同様に、コンクリート 1 m³ に對する材料費を計算する。

第9段

斯く粗細骨材重量比を漸次増加して行くと、一般に、所要のウオーカビリチーを得るために、コンクリート 1 m³ に使用すべきセメント糊の量が漸次減じ、コンクリート 1 m³ の材料費が廉くなる。然し、粗細骨材比のある値に達すると、コンクリートが荒々しくなり、又、材料の分離を生ずる傾向を示し、所要のウオーカビリチーを得るためには、セメント糊及び細骨材を増加しなければならない様になる。

依つて、此のコンクリートに砂を加へて粗細骨材重量比を小さくし、且つ所要のウオーカビリチーとなるまでセメント糊を加へて、此の時の粗細骨材重量比及びセメント糊の量を定める。

然れば、是等の試験バッチの結果から、所要のウオーカビリチーのコンクリートを得るために、使用セメント糊の量が最小となる粗細骨材重量比と、最小なセメント糊の量とを判定することが出来る。そして、其のコンクリート 1 m³ の材料費を計算する。

普通の場合、所要のウオーカビリチーに對し、セメント糊の量が最小である配合及び水量が最も經濟的なものであるが、各材料の單價も經濟的配合及び水量の決定に關係することは明白であるから、各試験バッチのコンクリートの 1 m³ の材料費を計算して、最も經濟的な配合及び水量の決定の参考にするのが適當なのである。

第10段

正確な結果を得るためには、第9段の様に定めた配合及び水量のコンクリートに就いて、更に試験バッチを造つて研究する。そして、最も經濟的で、しかも作業に適するウオーカビリチーを有するコンクリート 1 m³ に使用すべき水量及び粗細骨材重量比を判定する。

第11段

以上の試験バッチに用いたセメント糊の水セメント比は、第2段に述べた様に、概略の値を用いたのであるから、正しく、所要の壓縮強度を與へる水セメント重量比を定めるには、壓縮強度試験を行はなければならない。壓縮強度試験の順序は、次の様にするのが便利である。

§ 93 に述べた様に、コンクリート 1 m³ に使用する水量が一定であれば、コンクリートの流動性もほぼ一定であるから、前記の試験バッチによつて選定した粗細骨材重量比及び水量のコンクリートに於て、セメントの使用量を、適當範圍に變化してコンクリートを造り、壓縮強度試験を行ふ。

そして、

$$\sigma = A + B \frac{c}{w}$$

に於ける定数 A 及び B を定めれば、所要の壓縮強度に對するセメント水重量比が定まり、W は既知であるから、従つて使用セメント量 C を求めることが出来る。

第12段

第11段で定めた水セメント重量比は、一般に、試験バッチに用ゐた水セメント重量比と異なる。従つて、第10段で定めたコンクリートの骨材量に、修正を施さなければならない。其の方法は、次の如くである。

コンクリートに於ける空氣隙を無視する時、新しいコンクリートの容積は、水、セメント及び骨材の絶體容積の和であるから、コンクリート 1 m³ に使用する水量を一定にし、セメントの使用量を變へる時、セメントの絶體容積の變化だけ骨材の絶體容積を變へれば、コンクリートの容積に變化はなく、コンクリートの流動性も變化しない。

即ち、比重が g_c であるセメントの使用量を C' (kg) だけ變化する時、比重が g_m である骨材の使用量の變化 M' kg を、

$$\frac{C'}{g_c} = \frac{M'}{g_m}$$

$$\text{或は、} \quad M' = C' \frac{g_m}{g_c}$$

である様に定めれば、コンクリートの容積には變化がなく、流動性も亦變化しない。

細粗骨材混合物の比重 g_m は、粗細骨材比が與へられる時は、各々の比重から容易に計算することが出来る。

依つて、或るコンクリートに於て、其の 1 m³ に使用する水量を一定にし、或る流動性のコンクリートを得むとする時、或るセメント水重量比のコンクリートを他のセメント水重量比に變へるための材料の變化を求めるとは、單にセメント水比の變化に、使用水量を乗じてセメント量の變化を求め、之に $\frac{g_m}{g_c}$ を乗じて骨材量の變化を求めればよい。勿論、セメントの使用量を増加する時には、之に應ずるだけ使用骨材の量を減じ、セメント使用量を減ずる時は、之に應ずるだけ使用骨材量を増加する。

普通のポルトランドセメント及び骨材に對し、比重は、 $g_c = 3.15$ 、 $g_m = 2.65$ と假定してよいから、普通のコンクリートに對し、

$$\frac{g_m}{g_c} = 0.84$$

である。即ち、セメント 1 kg の變化に對し、骨材 0.84 kg だけを變化すればよいことが知

れる。

本段で定めた骨材セメント重量比及び第10段で判定したコンクリート 1 m³ の水量及び粗細骨材比により、求める配合及び水量を決定することが出来る。

第13段

セメント糊の水セメント比は、最適な粗細骨材比の値に多少の關係を有するから、第12段に於て定めた水セメント比のセメント糊を用ゐ、更に、試験バッチを造つて、此の試的方法を繰返せば、一層正しい結果が得られる譯である。但し、最適のウオーカピリチーは之を判斷で定めなければならないのであるから、餘程、熟練者でないと、繰返しによる効果はあまり大きくない。

以上は、細粗骨材とも、其の粒度に關して唯1種である場合に就いて説明したのであるが、細骨材の粒度が一定であり、粗骨材が其の大きさによつて數種に分けてある時は、各種大きさの粗骨材の使用量を秩序を立てて變化し、是等の各々に對して、上記の様な試的方法を行へば、經濟的に使用し得る最適の配合、又は、或る大きさの粗骨材の最大及び最小の使用量、等を比較的容易に決定することが出来る。

細骨材が大きさに就いて數種ある時は、各種の大きさのものを種々の割合に混合した細骨材を用ゐて、以上の試的方法を行ふことになるので、試験バッチの數は非常に大になる。此の場合、細骨材の粒度に關する從來の研究 (§ 105 參照) が非常に參考になる。然し、普通の現場に於て使用し得る細骨材の粒度は、實際上から定まる場合が多いので、大堰堤工事の様な特別の場合のほかは、左程澤山の試験バッチを造らないで、十分目的を達し得る場合が多いのである。

§ 114. 實驗室に於ける試的方法の例題

與へられた材料の性質は、次の如くである。

セメントは普通ポルトランドセメントで、其の比重は 3.15、硬練りモルタル試験による耐壓強度は材齡 28 日に於て 600 kg/cm² である。

砂及び砂利の比重は、夫々 2.63 及び 2.65 である。砂、砂利ともに其の粒度に關して夫々 1 種であり、砂利の最大寸法は 25 mm である。砂及び砂利は、空氣中乾燥状態で、其の 15 分間の吸水量は夫々 1.5% 及び 1% であり、單位容積重量は夫々 1600 kg/m³ 及び 1650 kg/m³ である。

材料の單價は、セメント 1 袋 1.5 圓即ち 1 kg が 3 錢、砂 1 m³ (1600 kg) が 5.6 圓即ち 1 kg が 0.35 錢、砂利 1 m³ (1650 kg) が 8.25 圓即ち 1 kg が 0.5 錢である。

$\sigma_{28} = 160 \text{ kg/cm}^2$, スランプ 15 cm の鉄筋コンクリート用コンクリートの配合及び水量を設計せよ。

解

コンクリートの所要圧縮強度 σ_{28} が 160 kg/cm^2 であるから、之に相当するセメント水重量比の値を、鉄筋コンクリート標準示方書の表-3 (§ 101 参照) の、ポルトランドセメントの耐圧強度が 500 kg/cm^2 以上の場合の式、

$$\sigma_{28} = -150 + 190 \frac{c}{w}$$

から求めてみると、

$$160 = -150 + 190 \frac{c}{w}$$

$$\therefore \frac{c}{w} = 1.63$$

$$\text{或は } \frac{w}{c} = 61\%$$

依つて、水セメント重量比が 61% のセメント糊を用ゐて、試験バッチを造ることにする。今、作業が容易のために、1バッチの量は、 $15 \times 30 \text{ cm}$ の圧縮強度試験供試体 1 個を造るに十分な丈けに採る。然れば、骨材の全重量を 12 kg に採ればよい。

最初の試験バッチは、砂が少し過多なものを選び、砂利砂重量比 ($\frac{G}{S}$) を 1.1 に採る。然れば、最初の試験バッチに使用する砂は 5.7 kg, 砂利は 6.3 kg となる。

此の砂及び砂利の混合骨材の吸水量は、

$$5.7 \times 0.015 = 0.085 \text{ kg}$$

$$6.3 \times 0.01 = 0.063 \text{ kg}$$

$$\text{計 } 0.148 \text{ kg}$$

である。依つて、0.148 kg の水を骨材に加へ、よく混合して之を骨材に吸収させる。

次に、水セメント重量比が 61% のセメント糊を、15 cm のスランプを生ずるには足りないと思はれる位加へて、コンクリートを造り、スランプを測り、又、ウオーカピリチーを観察する。 $\frac{w}{c}$ が 61% のセメント糊を加へるには、此のセメント糊を造つておいて加へてもよいし、又は、 $\frac{w}{c}$ が 61% になる様にセメントと水とを別々に加へてもよい。

更に、セメント糊を加へ上記の様にすると、遂にスランプが 15 cm 以上になる。それで、スランプと使用したセメント糊との関係を圖示すると、スランプ 15 cm に相当するセメント糊の量が求められる。斯くして求めたセメント糊の重量が 4.9 kg であつたとする。此のセメント糊の量は、砂の粒度によつて大分異なるもので、之が試験バッチに依つて、配合を決定することが必要な理由である。

然れば、 $\frac{c}{w} = 1.63$ であるから、

$$w = \frac{4.9}{1+1.63} = 1.86 \text{ kg}$$

$$c = 1.63 \times 1.86 = 3.04 \text{ kg}$$

である。そして、此の試験バッチの出来上り容積は、

$$V = \frac{1.86}{1000} + \frac{3.04}{3150} + \frac{5.7}{2630} + \frac{6.3}{2650} = 0.00737 \text{ m}^3$$

である。

従つて、此のコンクリート 1 m^3 を造るに必要な材料の量は、

$$\text{セメント } C = \frac{3.04}{0.00737} = 412 \text{ kg}$$

$$\text{砂 } S = \frac{5.7}{0.00737} = 773 \text{ kg}$$

$$\text{砂利 } G = \frac{6.3}{0.00737} = 855 \text{ kg}$$

$$\text{水 } W = \frac{1.86}{0.00737} = 252 \text{ kg}$$

である。

依つて、此のコンクリート 1 m^3 の材料費は、

$$\text{セメント } 412 \times 0.03 = 12.36 \text{ 圓}$$

$$\text{砂 } 773 \times 0.0035 = 2.71 \text{ 圓}$$

$$\text{砂利 } 855 \times 0.005 = 4.28 \text{ 圓}$$

$$\text{計 } 19.35 \text{ 圓}$$

である。

第2の試験バッチに於ける骨材の全重量は 12 kg とし、砂利砂重量比 ($\frac{G}{S}$) を 1.3 とし、最初の試験バッチと同じことを行ふ。其の結果、15 cm のスランプを得るために必要なセメント糊の量も減じ、コンクリートの材料費も減じたとする。

第3の試験バッチは $\frac{G}{S}$ を 1.6 に採つたとする。

コンクリートが少し荒々しくなり、スランプが 15 cm の時、水が分離する傾向にあつたとすれば、之に砂及びセメント糊を加へて、欲するウオーカピリチーのコンクリートを造る。此の場合加へた砂の重量は 0.28 kg であり、使用したセメント糊の全重量は 3.6 kg であつたとする。

砂利砂重量比が 1.6 である時、初めに使用した砂の重量は 4.62 kg であるから、使用した砂の全重量は $4.62 + 0.28 = 4.9 \text{ kg}$ であり、砂利の重量は 7.38 kg であるから、 $\frac{G}{S}$ は

$7.38 \div 4.9 = 1.5$ である。骨材の全重量は $4.9 + 7.38 = 12.28$ kg であり、セメント糊の重量が 3.6 kg であるから、骨材 12 kg にたいして使用したセメント糊の重量は $3.6 \div 12.28 \times 12 = 3.5$ kg である。

$\frac{w}{c}$ が 61%, $\frac{G}{S}$ が 1.5, 骨材の重量 12 kg に對して使用するセメント糊の重量が 3.5 kg であるコンクリート 1 m³ を造るに要する材料の量を、前と同様にして計算すると、

$$W = 202 \text{ kg}, \quad C = 330 \text{ kg}, \quad S = 730 \text{ kg}, \quad G = 1100 \text{ kg},$$

となり、材料費は、17.95 圓となる。

以上の様な、多くの試験バッチに就いて $\frac{G}{S}$ とコンクリート 1 m³ の材料費との関係を圖示すると、スランプが 15 cm で、材料費が最小な、砂利砂重量比及び之に相當する使用水量が判定できる。

以上の結果から、各試験バッチに就いて觀察したウオーカピリチー其の他を考慮に入れて、 $\frac{G}{S}$ 及びコンクリート 1 m³ に使用する水量を選定する。今の場合、 $\frac{G}{S} = 1.5$, 水量 202 kg を選定したとする。

次に、壓縮強度試験を行つて、コンクリートの壓縮強度と $\frac{c}{w}$ との関係を定める。今の場合、鉄筋コンクリート用のコンクリートを考へて居るのであるから、 $\frac{w}{c}$ の範囲は大體 70% 乃至 55% である。それで先づ、是等の兩點のコンクリートに就いて、壓縮強度試験を行ふのが便利である。

$$\frac{G}{S} \text{ が } 1.5 \text{ の混合骨材の比重は、今の場合、} \\ (2.63 + 1.5 \times 2.65) \div (1 + 1.5) = 2.64$$

である。

$\frac{w}{c}$ が 70%, 即ち、 $\frac{c}{w} = 1.43$ に對し、コンクリート 1 m³ に使用する水量が 202 kg であれば、セメントの使用量は、コンクリート 1 m³ に對し、

$$1.43 \times 202 = 290 \text{ kg}$$

である。而して、水は 0.202 m³ の絶對容積を有し、セメントは

$$290 \div 3150 = 0.092 \text{ m}^3$$

の絶對容積を有するから、使用すべき骨材の重量は、

$$(1 - 0.202 - 0.092) \times 2640 = 1860 \text{ kg}$$

である。従つて、此のコンクリート 1 m³ に要する砂は、

$$1860 \times \frac{1}{2.5} = 740 \text{ kg}$$

砂利は、

$$1860 \times \frac{1.5}{2.5} = 1120 \text{ kg}$$

骨材の吸水量は、

$$\begin{aligned} \text{砂} & 740 \times 0.015 = 11.2 \text{ kg} \\ \text{砂利} & 1120 \times 0.01 = 11.2 \text{ kg} \\ & \text{計} \quad 22.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

で、コンクリートの混合に使用する水量は、 $202 + 22.4 = 224.4$ kg である。

故に、15 × 30 cm の圓筒供試體 3 個を造る爲に、0.016 m³ のコンクリートを造るには、

$$\begin{aligned} \text{セメント} & 290 \times 0.016 = 4.65 \text{ kg} \\ \text{水} & 224.4 \times 0.016 = 3.59 \text{ kg} \\ \text{砂} & 740 \times 0.016 = 11.8 \text{ kg} \\ \text{砂利} & 1120 \times 0.016 = 17.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

を使用すべきことになる。

$$\text{次に、} \frac{w}{c} = 55\% \text{ 即ち、} \frac{c}{w} = 1.82 \text{ に對し、所要セメント量は、} \\ 202 \times 1.82 = 368 \text{ kg}$$

$$\text{である。故に、} \frac{c}{w} = 1.43 \text{ の場合に較べて、} \\ 368 - 290 = 78 \text{ kg}$$

丈のセメント量の増加である。

骨材混合物の比重は 2.64, セメントの比重は 3.15 であるから、

$$\frac{g_m}{g_c} = \frac{2.64}{3.15} = 0.84$$

$$\text{従つて、} \frac{c}{w} = 1.43 \text{ の場合よりも、骨材の使用量を} \\ 78 \times 0.84 = 65.5 \text{ kg}$$

丈減すればよい。

$$\text{依つて、} \frac{c}{w} = 1.82 \text{ の場合の骨材の量は、} \\ 1860 - 65.5 = 1795 \text{ kg}$$

それで、

$$\begin{aligned} \text{砂は、} & 1795 \times \frac{1}{2.5} = 720 \text{ kg} \\ \text{砂利は、} & 1795 \times \frac{1.5}{2.5} = 1075 \text{ kg} \end{aligned}$$

骨材の吸水量は、

$$\begin{aligned} \text{砂} & 720 \times 0.015 = 10.8 \text{ kg} \\ \text{砂利} & 1075 \times 0.01 = 10.75 \text{ kg} \\ & \text{計} \quad 21.55 \text{ kg} \end{aligned}$$

故に、混合用水量は、

$$202 + 21.55 = 223.55 \text{ kg}$$

依つて、 $15 \times 30 \text{ cm}$ の供試體 3 個を造るため、 0.016 m^3 のコンクリートを造るには、

$$\text{セメント } 5.9 \text{ kg}, \quad \text{水 } 3.58 \text{ kg}, \quad \text{砂 } 11.50 \text{ kg}, \quad \text{砂利 } 17.2 \text{ kg}$$

を使用すればよい。

斯く、 $\frac{w}{c} = 70\%$ 、及び $\frac{w}{c} = 55\%$ のコンクリートについて壓縮強度試験を行つた結果、 σ_{28} が夫々 145 kg/cm^2 及び 227 kg/cm^2 であつたとすれば、是等の値を用ゐて、

$$\sigma_{28} = -155 + 210 \frac{c}{w}$$

が得られる。

今、 $\sigma_{28} = 160 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートを造るには、コンクリート 1 m^3 に使用する水量が 202 kg であるから、之に對するセメント量 C は、

$$C = \frac{160 + 155}{1.04} = 302 \text{ kg}$$

然れば、骨材の重量は

$$2640 \left(1 - 0.202 - \frac{302}{3150} \right) = 1850 \text{ kg}$$

故に、

$$\text{砂} \quad 1850 \times \frac{1}{2.5} = 740 \text{ kg}$$

$$\text{砂利} \quad 1850 \times \frac{1.5}{2.5} = 1110 \text{ kg}$$

骨材の吸水量は、

$$\text{砂} \quad 740 \times 0.015 = 11.1 \text{ kg}$$

$$\text{砂利} \quad 1110 \times 0.01 = 11.1 \text{ kg}$$

$$\text{計} \quad 22.2 \text{ kg}$$

依つて、スランプ 15 cm を有し、 $\sigma_{28} = 160 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリート 1 m^3 を造るに要する材料は、

$$\text{セメント} \quad 302 \text{ kg}$$

$$\text{水} \quad 202 \text{ kg}$$

$$\frac{c}{w} = 1.5 \text{ 或は } \frac{w}{c} = 66.5\%$$

$$\text{骨材の吸水量} \quad 22.2 \text{ kg}$$

$$\text{砂} \quad 740 \text{ kg}$$

$$\text{砂利} \quad 1110 \text{ kg}$$

である。

§ 115. 現場に於て、試的に配合及び水量を決定する方法

實驗室で定めた配合及び水量は、現場で多少修正する必要があるのが普通である。又、時としては、現場で、實際のバッチを用ゐて、適当な配合及び水量を決定する必要がある場合もある。

現場に於て、實際のバッチによつて、配合及び水量を決定する時の試的方法は、實驗室に於ける場合と幾分異なる。

説明を簡単にするため、先づ、粗細骨材は、夫々其の粒度に關して 1 種である場合を述べる。

第1段

先づ、現場に於ける骨材の表面水、又は、骨材が乾燥して居る時は吸水量、を測定する。

第2段

豫備實驗又は過去の經驗を基として、所要の性質及びウオーカビリチーのコンクリートが十分安全に得られる配合及び水量を選定する。即ち、水セメント比は、所要の強度又は耐久性のコンクリートを得るに必要な値よりも幾分小さくし、粗細骨材重量比は適當であると想像されるよりも小さく採りて、砂が幾分多すぎる位に定める。此の場合、§ 112 の簡単な配合設計法が大いに参考になる。

第3段

現場に於ける 1 バッチの所要材料を第 2 段で定めた配合に従つて計量し、之にコンクリート打ちが所期の進行をするに必要な丈の水量を加へてコンクリートを造り、コンクリート打ちを始める。現場で實際のバッチを用ゐて配合及び水量を定める時、水セメント比を一定に保たむとすることは得策でない。コンクリートを所要の速度で取扱ふことが出来る流動性及びウオーカビリチーを得るに適する水量を用ゐるのが實際的である。そして、使用した水量に骨材の表面水又は吸水量に對する修正を施して、表面乾燥飽和状態の骨材に對し、コンクリート 1 m^3 の使用水量を計算する。

第4段

セメントの使用量及び骨材の絶體容積は第 3 段の場合と同じにし、粗細骨材重量比丈を第 3 段の場合よりも少し増加した配合の材料に、所要の流動性及びウオーカビリチーを得るに必要な丈の水を加へてコンクリートを造り、第 3 段と同じ作業及び計算を行ふ。

第5段

次に、第 4 段の場合よりも、粗細骨材比丈を増加した配合に就いて、第 4 段と同じ作業

を行ふ。

斯く粗細骨材比を増加して行くと、所要の流動性に對し、コンクリート 1m^3 に使用すべき水量を減じ得ることが判かる。然し、ある粗細骨材比の値に對して、遂にコンクリートが荒々しくなり、最早や水量を減ずることが出来ない點に達する。之は、明かに、粗細骨材比が適当な値よりも大き過ぎることの證據である。

第6段

第5段の様なコンクリートが出来たら、粗細骨材比を第5段の場合よりも幾分減じ、使用水量も幾分増加し、前段と同様な作業を行ふ。

第7段

上記の様な作業によつて求められた各種粗細骨材重量比と使用水量との關係から、所要の流動性及びウオーカビリチーに對し、コンクリート 1m^3 に使用しうべき最小水量を判定することが出来る。

第8段

第7段で定めた最小使用水量を一定にし、粗細骨材比を、此の最小水量を使用しうる最大値まで増加する。

斯くして、コンクリート 1m^3 に使用すべき水量と、粗細骨材重量比とを決定することが出来る。

第9段

第8段までの試験バッチに於ては、使用セメント量を一定にしてあるから、決定した使用水量に對する水セメント比は、一般に、強度又は耐久性の方から定められた水セメント比の値と一致しない。依つて、所定の水セメント重量比を得る様にセメント量を増減する。而して、セメント 1kg の變化に對しては、§ 114 に述べた様に、骨材の重量を $\frac{g_m}{g_0}$ だけ變化すればよい。此の際、セメント使用量を減ずる時は、粗細骨材比を減ずるのが適當であることから考へて、セメント量を減ずる場合には、増加する骨材は主として細骨材を用ゐるのが適當である。

以上の様にして、細粗骨材が其の粒度に關して夫々1種である場合、現場に於ける試的の配合及び水量の決定が出来る。是等の作業のどの點に於ても、コンクリート打ちの作業に障害を及ぼし、工事の進捗を害する様なことはない。

猶ほ、此の方法によつて好結果を得るためには、種々の注意が必要である。例へば、骨材に於ける含水量が屢々變化する時には、此の方法によつて、正しい配合設計をすることは殆ど不可能であるから、骨材の含水量を一定にすることに就いて、特に注意しなければならぬ。

い(§ 86 参照)。又、此の作業中、配合を決定する技術者は、凡てのバッチのコンクリートの流動性及びウオーカビリチーを検査するに便利な場所に居り、必要な計算を行ふと同時に、電話共他で、材料の計量係と密接な連絡をとり、配合及び水量の變化を命令通りに遲滞なく勵行させることが必要である。

粗骨材が其の大きさに關して數種に分けてある時、其の適当な配合を定めるには、§ 113 の實驗室に於ける試験バッチの場合に述べたと同様、其の配合を順序を立てて變化し、變化した各々の場合に對して上記の様な試的方法を行へば、經濟的に使用しうる適当な配合、及び、或る大きさの骨材の許容最大及び最小使用量、等を決定することが出来る。

第3節

コンクリートの出来上り高、 1m^3 のコンクリートを造るに要する材料の量、及び壓縮強度と單價との關係

§ 116. 實驗によつて、 1m^3 のコンクリートを造るに要する材料の量を決定する方法

與へられた材料を以て、與へられた配合及び水量のコンクリート 1m^3 を造るに、何程づつの材料を要するかを求めるには、實驗によるのが最も正確である。次に例を以て、其の實驗の方法を説明する。

配合容積比 1:2:4、水セメント重量比 60% のコンクリート 1m^3 を造るに要する材料の量を求めむとする。

骨材は空氣中乾燥状態のものであるとする。先づ骨材の單位容積重量 (§ 430) と、其の有效吸水量 (§ 55 参照) とを測定する。其の結果、砂及び砂利の 1m^3 の重量は夫々 1485 kg 及び 1584 kg、有效吸水量は各々 1% であつたとする。

然れば、此の骨材の表面乾燥飽和状態に於ける 1m^3 の重量は、砂 1500 kg、砂利 1600 kg である。セメントは規定により、 1m^3 の重量を 1500 kg に採る。

與へられた、配合容積比 1:2:4 を重量比で示すと、 $1500:(2 \times 1500):(4 \times 1600)$ 、或は 1:2.0:4.27 である。

依つて、セメント 10 kg に對し、表面乾燥飽和状態の砂 20 kg (即ち、空氣中乾燥状態の砂 19.8 kg に水 0.2 kg を加へたもの)、表面乾燥飽和状態の砂利 42.7 kg (即ち砂利 42.3

kg に水 0.4 kg を加へたもの) 及び水 6 kg を混合してコンクリートを造り、之を現場でコンクリートを打つと同じ方法で、水密な容器に填充し、出来上つたコンクリートの容積を測定する。今、其の容積が 0.0328 m³ であつたとする。

然れば 1 m³ のコンクリートを造るに要するセメントの重量は、 $\frac{10}{0.0328} = 305$ kg。袋詰セメントを用ゐれば、1袋に 50 kg のセメントが入れてあるから、

$$305 \div 50 = 6.1 \text{ 袋}$$

となる。

同様に、1 m³ のコンクリートを造るに要する表面乾燥飽和状態の砂及び砂利の重量は、夫々、

$$\frac{20.0}{0.0328} = 610 \text{ kg}, \quad \frac{42.7}{0.0328} = 1302 \text{ kg} \text{ である。是等を容積で示せば、砂 } 610 \div 1500 = 0.407 \text{ m}^3, \text{ 砂利 } 1302 \div 1600 = 0.814 \text{ m}^3 \text{ である。}$$

§ 117. 1 m³ のコンクリートを造るに要する材料の量を計算する式

§ 116 に述べた様にして、実験によつて、コンクリートの出来上り高、又は、1 m³ のコンクリートを造るに要する材料の量を決定することが出来ない場合、又は、設計の際に所要材料の概算をなさむとする様な場合に使用する目的で、従来、澤山の計算式や表が出来て居る。

今、コンクリートはプラスチックで、ウオーカブルであり、骨材の空隙はセメント糊で充されて居ること、過大の水量を使用する場合の様に水がコンクリートから分離しないこと、及び、使用水量が非常に小であるか、配合が甚だ貧であるか、又は、骨材が極めて微細であるか、等の場合を除き、コンクリートの内部に多量の空気を含まないこと、等を假定すれば、次の算式は、簡単で、誤差 2% 乃至 3% の範囲で、十分正確な結果を與へるものである。コンクリートを造る時には、以上の假定が成立する様に努力するのであるから、以上の假定は、事實に近い場合が多い。

以上の假定をなし得る様な、新しいコンクリートの容積は、材料の絶対容積の和に等しい (§ 56 参照)。依つて、

c = セメントの使用量 (kg),

w = 水量 (骨材が吸水する時は其の吸水量を使用水量から減じ、骨材が表面水を有する時は、使用水量に骨材の表面水量を加へたもの),

s = 表面乾燥飽和状態の細骨材の重量 (kg),

g = 表面乾燥飽和状態の粗骨材の重量 (kg),

g_c = セメントの比重,

g_c = 細骨材の比重,

g_o = 粗骨材の比重,

とすれば、出来上りコンクリートの容積 V (m³) は、

$$V = \frac{w}{1000} + \frac{c}{1000 g_c} + \frac{s}{1000 g_o} + \frac{g}{1000 g_o} \dots\dots\dots (a)$$

然れば、此の配合及び水量のコンクリート 1 m³ を造るに要する材料の量は、

$$\text{セメント } C = \frac{c}{V} \text{ (kg)} \quad \text{水 } W = \frac{w}{V} \text{ (kg)}$$

$$\text{細骨材 } S = \frac{s}{V} \text{ (kg)} \quad \text{粗骨材 } G = \frac{g}{V} \text{ (kg)}$$

である。

各材料の比重が測定してない場合、ポルトランドセメントに対して $g_c = 3.15$ 、細粗骨材に対して $g_o = g_o = 2.65$ とすれば、(a) 式は、

$$V = \frac{w}{1000} + \frac{c}{3150} + \frac{s+g}{2650} \dots\dots\dots (b)$$

となる。

例題

配合容積比が 1:2:4、水セメント重量比が 60% のコンクリート 1 m³ を造るに要する材料の量を求む。但し、骨材は空气中乾燥状態のもので、1 m³ の重量は、砂 1485 kg、砂利 1584 kg であり、有効吸水量は、各々 1% である。材料の比重は、 $g_c = 3.15$ 、 $g_o = g_o = 2.65$ とする。

解

與へられた骨材の表面乾燥飽和状態に於ける 1 m³ の重量は、砂 $1485 \times (1 + 0.01) = 1500$ kg、砂利 $1584 \times (1 + 0.01) = 1600$ kg である。

今、配合容積比が 1:2:4 であるから、セメント 1 m³ ($c = 1500$ kg) に對し、表面乾燥飽和状態の砂 2 m³ ($s = 1500 \times 2 = 3000$ kg、空气中乾燥状態の砂 2970 kg に水 30 kg を加へたもの)、及び表面乾燥飽和状態の砂利 4 m³ ($g = 1600 \times 4 = 6400$ kg、空气中乾燥状態の砂利 6340 kg に水 60 kg を加へたもの) を使用する。然れば、(b) 式により、

$$V = \frac{900}{1000} + \frac{1500}{3150} + \frac{3000 + 6400}{2650} = 4.926 \text{ m}^3$$

故に、コンクリート 1 m³ を造るに必要な材料の量は、

$$\text{セメント } C = \frac{1500}{4.926} = 305 \text{ kg} \text{ 或は } 305 \div 50 = 6.1 \text{ 袋}$$

$$\text{水 } W = 305 \times 0.6 = 183 \text{ kg}$$

$$\text{砂 } S = \frac{3000}{4.926} = 610 \text{ kg, 或は } \frac{610}{1500} = 0.406 \text{ m}^3$$

$$\text{砂利 } G = \frac{6400}{4.926} = 1300 \text{ kg, 或は } \frac{1300}{1.600} = 0.812 \text{ m}^3$$

上記の骨材の重量は表面乾燥飽和状態のものであるから、與へられた空气中乾燥状態の骨材を用ゐる時には、砂は、 $610 \div (1 + 0.01) = 604 \text{ kg}$ に水 6 kg を加へたもの、砂利は $1300 \div (1 + 0.01) = 1287 \text{ kg}$ に水 13 kg を加へたものを使用する。依つて、全使用水量は、 $183 + 6 + 13 = 202 \text{ kg}$ となる。

工事に於て、コンクリート材料の豫算を組む時、又は、材料を購入する場合には、以上の値に多少餘裕を採ることが必要である。普通の場合、セメントに 2% 、砂に 10% 、砂利に 5% 位の餘裕を取ればよい。

猶ほ、工費の豫算其の場合に於て、一層餘裕を見込む概略の所要材料の量を求めるには、第40表 (§ 394) を使用すればよい。又、第22表も参考になる。

§ 118. コンクリートの壓縮強度と單價との關係

打ち終つたコンクリートの價格は、材料費と、運搬、打込み、養生、等の勞力費と、設備費、總係費、等との和である。

コンクリートのウオーカビリチーがほぼ同じであれば、勞力費及び其の他の經費は、配合の貧富によつて餘り變化しないから、コンクリートの價格の變化は、主として、材料費の變化によるものである。

コンクリート 1 m^3 の材料費 P は、次式で示すことが出来る。

$$P = p_c C + p_s S + p_g G \dots\dots\dots(a)$$

茲に、

p_c, p_s, p_g は、夫々、セメント、細骨材及び粗骨材の 1 kg の價格、

C, S, G は、夫々、コンクリート 1 m^3 を造るに必要な、セメント、細骨材及び粗骨材の重量 (kg)、である。

適當に造つた新しいコンクリートの出來上り容積は、§ 56 に述べてある様に、

$$V = \frac{W}{1000} + \frac{C}{1000 g_c} + \frac{S}{1000 g_s} + \frac{G}{1000 g_g} \dots\dots\dots(b)$$

である。

今、 1 m^3 のコンクリートを造るに要する細粗骨材混合物の重量を $M \text{ kg}$ 、其の比重を g_m とすれば、

$$\frac{S}{1000 g_s} + \frac{G}{1000 g_g} = \frac{M}{1000 g_m} \dots\dots\dots(c)$$

と書くことが出来るから、(b) 式は、

$$V = \frac{C}{1000 g_c} + \frac{M}{1000 g_m} + \frac{W}{1000} \dots\dots\dots(d)$$

となる。

更に、

$$D = \frac{C}{1000 g_c} + \frac{M}{1000 g_m} \dots\dots\dots(e)$$

とおけば、

$$M = 1000 g_m D - C \frac{g_m}{g_c} \dots\dots\dots(f)$$

であり、(d) 式は、

$$V = D + \frac{W}{1000} \dots\dots\dots(g)$$

となる。

依つて、コンクリート 1 m^3 に使用する水量 W を、實驗其の他によつて定めれば、(g) 式により、

$$D = 1 - \frac{W}{1000} \dots\dots\dots(h)$$

で、 D の値が定まる。

普通の材料に對して、

$$\frac{g_m}{g_c} = 0.84$$

と採つてよいから (§ 113 参照)、(f) 式は、

$$M = 1000 g_m D - 0.84 C \dots\dots\dots(i)$$

と書くことが出来る。

(i) 式の M の値を (a) 式に入れれば、細粗骨材混合物の 1 kg の價格を p_m とする時、

$$P = p_m (1000 g_m D - 0.84 C) + p_c C$$

或は、

$$P = 1000 g_m D p_m + C (p_c - 0.84 p_m) \dots\dots\dots(A)$$

となる。

今、 $g_m = 2.65$ と假定すれば、(A) 式は、

$$P = 2650 D p_m + C (p_c - 0.84 p_m) \dots\dots\dots(B)$$

となる。

依つて、コンクリート 1 m^3 に使用する水量を定めれば、(h) 式によつて、 D の値が定まり、コンクリート 1 m^3 の材料費は、(A) 式又は (B) 式によつて容易に計算することが出来る。又、(A) 式又は (B) 式から、セメントの單價が、コンクリート 1 m^3 の材料費に及ぼ

す影響も容易に求めることが出来る。猶ほ、(B)式によつて、コンクリート 1m³ の材料費は、セメント及び骨材の単價及びコンクリートの密度（或はコンクリート 1m³ に使用する水量）が與へられる時、セメントの使用量に正比例することが判かる。

コンクリート 1m³ の材料費に、コンクリート 1m³ に要する勞力費其の他を加へたものが、其のコンクリートの單價である。

次に、コンクリートの壓縮強度とセメント水重量比との關係が、

$$\sigma_{28} = A + B \frac{C}{W}$$

で表はされるものとし、コンクリート 1m³ に使用する、セメント量を C、使用水量を W、とし、W を一定に保つ時は、

$$\sigma_{28} = A + \frac{B}{W} C = A + KC$$

或は、

$$C = \frac{\sigma_{28} - A}{K} \dots\dots\dots(j)$$

である。(B)式に(j)式のCの値を入れれば、

$$P = 2650 D p_m + (p_c - 0.84 p_m) \frac{\sigma_{28} - A}{K} \dots\dots\dots(C)$$

(C)式により、或る壓縮強度のコンクリート 1m³ の材料費を容易に計算することが出来る。

今、試験バッチを造つて設計したコンクリートの、砂利砂重量比は 2、コンクリート 1m³ に使用する水量 W は 200 kg、セメント水重量比と壓縮強度との關係は、

$$\sigma_{28} = -155 + 210 \frac{C}{W}$$

であり、材料の價格は、セメント 1袋が 1.50 圓即ち 1kg が 3 錢、砂 1m³ (1500 kg) が 4.5 圓即ち 1kg が 0.3 錢、砂利 1m³ (1600 kg) が 8 圓即ち 1kg が 0.5 錢であるとする。

然れば、砂利砂重量比が 2 である混合骨材 1kg の値段 p_m は、

$$p_m = \frac{0.35 + 0.5 \times 2}{3} = 0.45 \text{ 錢}$$

である。

コンクリート 1m³ に使用する水量が 200 kg であるから、

$$D = 1 - \frac{200}{1000} = 0.8$$

又、

$$\sigma_{28} = -155 + \frac{210}{200} C = -155 + 1.05 C$$

或は、

$$C = \frac{\sigma_{28} + 155}{1.05}$$

故に、(C)式により

$$P = 2650 \times 0.8 \times 0.45 + (3.0 - 0.84 \times 0.45) \frac{\sigma_{28} + 155}{1.05} = 1340 + 2.5 \sigma_{28} \text{ 錢}$$

依つて、 $\sigma_{28} = 140 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリート 1m³ の材料費は、

$$P = 1340 + 2.5 \times 140 = 16.90 \text{ 圓}$$

之に勞力費其の他として 5 圓を加へれば、 $\sigma_{28} = 140 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートの單價は 21.90 圓となる。

同様にして、 $\sigma_{28} = 280 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリート 1m³ の材料費は、

$$P = 1340 + 2.5 \times 280 = 20.40 \text{ 圓}$$

之に勞力費其の他の經費 5 圓を加へれば、コンクリートの單價は、25.40 圓となる。

$\sigma_{28} = 280 \text{ kg/cm}^2$ の場合は、 $\sigma_{28} = 140 \text{ kg/cm}^2$ の場合に較べて、壓縮強度が 100% 増大して居るに拘らず、單價の増加は、僅かに

$$\frac{25.40 - 21.90}{21.90} = 16\%$$

に過ぎない。

上記の様な計算をすれば、セメントの使用量の増加及びセメントの單價が、コンクリートの單價に及ぼす影響も容易に求められる。

コンクリート 1m³ に於ける骨材の使用量は、セメントの使用量の影響を受けることが尠いから、富配合と貧配合との場合に於て、骨材費には大差がない。富配合の場合、貧配合の場合よりも少し骨材費が廉くなるだけである。

セメントの耐壓強度が異つて居つても、單價に大差がなければ、コンクリート 1m³ の材料費にはあまり大きな影響がない。それは、セメント使用量の少しの増減によつて、セメントの強度の差による經濟的の差を容易に償ふことが出来るからである。

コンクリートの配合設計に於て、過度に重視されることのあるのは、骨材の粒度である。粒度が適當であれば、使用水量を減ずることが出来、従つて水セメント比を一定に保てば、セメントの使用量を節約することが出来る。然し、實地に於ける經驗によると、大工事の場合を除き、普通のコンクリート工事に於ては、骨材の粒度を改善するために、種々の操作をすることは、經濟上有利でない場合が多い。此の問題も、ある與へられた場合に對し、(C)式を應用して、判斷することが出来る。

第7章 混 合

本章に於ては、コンクリート材料を混合場所に運搬し、正確に計量し、齊等質のコンクリートとなる様に混合することを説明する。

§ 119. コンクリート材料の運搬

セメントは、コンクリート作業を始める前に、倉庫から到着順に出して、混合所に運搬し、開封して、使用する。

セメント1袋を材料計量の単位として用ゐる時には、袋の口を開く丈けにしておき、セメントを使用する時に、袋から直ちに練臺又はミキサの材料受にあけるがよい。

小工事では、骨材の運搬に、箆などを用ゐ、人夫に擔はせることもあるが、コンクリートの運搬に用ゐられる1輪車又は2輪車を用ゐるのが便利である。大工事では、特殊の運搬方法が用ゐられる。

總て、運搬の作業には、往路と歸路とを一定して置き、常に循環して運搬をなし、人夫を間斷なく働かせる様にすることが必要である。

第1節 材料の計量

§ 120. 概 説

コンクリートの混合作業に於て、最も注意を要するのは、定められた配合を嚴守する様に、材料を計量することである。如何に材料を精選し、欲する強度、ウオーカビリチー其の他の性質を具備したコンクリートの配合を設計したにしても、現場でコンクリートを混合する時に、材料の計量が正確でなければ、欲する様なコンクリートを得ることが出来ないことは明白である。

元來、構造物の強度は、其の最弱點の強度によつて定まるのであるから、コンクリート1m³に用ゐたセメントの量が平均300kgであつたにしても、計量が不正確である爲に、ある部分には250kgに相當する丈けのセメントを使用し、他の部分には350kgに相當する丈けのセメントを使用したことになつて居れば、出來上つた構造物の強度は、大體、1m³につき250kgのセメントを使用したコンクリートの強度によつて定まることになる。

材料を正確に計量するには、以下に述べる様な方法を用ゐると同時に、監督を嚴にしなければならぬ。

材料を全部請負持にすれば、セメントを節約しようとして、不正の行はれる機会が多くなるから、大切な工事では、工事所有者がセメントを支給するのが普通である。但し、請負人も監督者も立派な技術者である時は、セメントを請負持にする方が、迅速に、經濟的に工事を進捗せしめ得るのが普通である。

セメントを支給するにしても、セメント倉庫が現場から遠い時には、運搬費を節約する爲に、セメントを節約して用ゐ、セメントが澤山餘つたと言ふ様な例もあるから、監督者は打ち終つたコンクリートの量と、使用したセメントの量とを絶えず照査することを怠つてはならない。之と反對に、コンクリートの強度を示様し、配合、水量を施工者の選擇に任せると、流動性を良くして仕事を樂にしようとして、セメントの使用量が増加して困ることもある。又、故意でないにしても、少しの勞作を惜んで、不正確な計量が行はれがちであるから、嚴密な監督が必要である。

材料の計量に就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第27條 材料の計量

- (1) コンクリート材料は1練り毎に計量すべし。
- (2) セメントは重量に依りて計量すべし。
- (3) 骨材は細粗別々に重量又は容積に依りて計量すべし。
- (4) 水量は骨材の表面水量及び吸水量を考慮して計量すべし。骨材の表面水量及び吸水量の測定は責任技術者の指示する方法に依るべし。』

セメント及び各大きさに分けて貯藏した骨材は、總て1練りに使用する丈けづゝを別々に計量しなければならないから、材料の計量装置は、此の目的を達し得る様なものでなければならない。重量計量の装置の誤差は、計量する材料の重量の1%以下でなければならない。

水の計量装置は、水槽の容量の±0.5%まで精密に調整できることが必要である。

經驗によると、コンクリート材料を重量で計量し、骨材の粒度及び含水量を調整し、適當の大きさに分けた骨材を使用し、使用水量を變じてスランプを一定に保てば、各バッチの水セメント重量比の變化は、1%乃至3%以下にすることが出来るものである。

§ 121. 現場配合比の計算

材料を計量する時には、先づ、與へられた示方配合比を現場配合比に換算し、機械練りであればミキサの能力、手練りであれば練臺の大きさ、其の他に應ずる様に定めた、1バッチに

使用する水、セメント、細骨材及び粗骨材の量を決定しなければならない。

次に、例を以て、其の計算方法を示す。

例1 示方配合重量比が 1:2.5:3.5、水セメント重量比が 53%、である時、セメント 1 袋に對する各材料の重量、コンクリートの出来上り高、及びコンクリート 1 m³ に使用するセメント量を求む。但し、セメント、砂及び砂利の比重を夫々、3.15、2.65 及び 2.65 とする。

解

	水	セメント	砂	砂利
示方配合重量比	0.53	1.00	2.50	3.50
セメント 1 袋に對する 各材料の重量 (kg)	0.53×50 = 26.5	50	2.5×50 = 125	3.5×50 = 175
各材料の絶対容積 (m ³)	$\frac{26.5}{1000}$ = 0.0265	$\frac{50}{1000 \times 3.15}$ = 0.0159	$\frac{125}{1000 \times 2.65}$ = 0.0472	$\frac{175}{1000 \times 2.65}$ = 0.0660

∴ 各材料の絶対容積の和は、

$$0.0265 + 0.0159 + 0.0472 + 0.0660 = 0.156 \text{ m}^3$$

コンクリートに 1% の空気隙があると假定すれば、

$$0.156 \times 1.01 = 0.1575 \text{ m}^3$$

故に、1 m³ のコンクリートに要するセメント量は、

$$\frac{50}{0.1575} = 318 \text{ kg}$$

例2 骨材の単位容積重量及び含水量が次表の如くである時、示方配合重量比が 1:2.5:3.5、水セメント重量比 53% のコンクリートの、示方配合容積比、及び、現場配合容積比を求む。

骨 材	標準試験方法による 表面乾燥飽和状態の もの 1 m ³ の重量	現場の計量方法によ る 1 m ³ の重量	骨材の表面水百分率
砂	1470	1360	3
砂 利	1550	1470	1

解

	セメント	砂	砂利
示方配合重量比	1.00 或は 1500 kg	2.50 3 750 kg	3.50 5 250 kg
現場配合重量比	1	$\frac{2.5}{1-0.03} = 2.58$	$\frac{3.50}{1-0.01} = 3.54$
示方配合容積比	1	$\frac{3 750}{1470} = 2.55$	$\frac{5 250}{1550} = 3.39$

現場配合容積比	1	$\frac{3 750 \times 1.03}{1360} = 2.84$	$\frac{5 250 \times 1.01}{1470} = 3.61$
セメント 1 袋に對する 各材料 (現場配合)	1	$2.84 \times \frac{50}{1500} = 0.095 \text{ m}^3$	$3.61 \times \frac{50}{1500} = 0.12 \text{ m}^3$

現場に於て、セメント 1 袋に對する使用水量は、

$$50 \times 0.53 - \frac{50 \times 2.5}{1-0.03} \times 0.03 - \frac{50 \times 3.5}{1-0.01} \times 0.01 = 20.9 \text{ kg}$$

若し、骨材が乾燥して居る時は、骨材の吸水量丈けを加へなければならない。

猶ほ、現場に於ける粗骨材の板篩 5 を通過する量は之を細骨材と考へ、細骨材の板篩 5 に残留する量は之を粗骨材と考へて、現場配合比を決定する必要がある。

§ 122. セメントの計量

セメント 1 m³ の重量は、計量方法によつて非常な差がある。30 cm 立方位の枡を用ゐるとして、出来る丈けふうはりと輕盛にすれば 1 m³ の重量は約 1000 kg 位であり、相當揺り込めば 1450 kg 位にもなる。袋からショベルで普通の枡に入れれば、大約 1250 kg 位のものである。若し一旦セメントを箱にあげ、攪きまわしてからショベルで枡に入れれば、之よりも幾分小さくなる。又、枡の大きさにも大分關係がある。故に、セメントを容積で正確に計量することは非常に困難である。而して、セメントはコンクリートにとり最も大切な材料であるから、最も正確な計量を必要とする。依つて、セメントは重量で計量するのを原則とする。コンクリートの配合が容積比で與へられた時は、セメント 1 m³ の重量を 1500 kg とし、セメントの容積を重量に換算して計量しなければならない。

已むを得ない事情で、セメントを容積で計量する時には、枡の大きさ、ショベル、枡への入れ方、等を一定し、其の方法による時のセメント 1 m³ の重量を實驗によつて定めなければならない。今、之が 1250 kg/m³ であつたとすれば、セメント 1 m³ の重量は 1500 kg と規定されて居るのであるから、此の方法で 1 m³ のセメントを計量するには、 $1500 \div 1250 = 1.20 \text{ m}^3$ のセメントを計量しなければならない。若し枡を標準とすれば、其の容積の $1250 \div 1500 = 0.833$ 倍を有効な容積と考へる。例へば、配合が容積比で 1:2:4 であれば、砂は此の有効容積の 2 倍、砂利は 4 倍を計量すべきことになる。然し、入れ方を一定すると言ふことが甚だ困難であり、又、不正の行はれる原因となることを考へると、セメントは必ず重量で之を計量しなければならないことが一層明白である。

セメントを重量で計量するには、袋入セメントの場合は、セメントの正味が 50 kg であるから、1 袋を單位として、計量するのが最も便利である。手練りによる時、1 回の練り高は普通 $\frac{1}{6} \text{ m}^3$ 位であるから、1:2:4 コンクリートの場合は 1 袋を單位として少しも差支へ

ないし、1:3:6 コンクリートの時には、少し練臺を大きくし、1回の練り高を約 0.21 m^3 位にすればよい。ミキサを用ゐる場合でも同様である。但し、時として袋が破れたりして重量の減じて居るものがないでもないから、此の點は注意しなければならない。

紙袋からセメントを取出す時には、糸を引抜き、紙を破かない様に注意する。紙袋は、再製することも出来るし、其の他に利用する方法が澤山あつて、相當に價值のあるものであるから、セメントを出した後、荷造をして、倉庫に入れておくがよい。

バラ セメントや、50 kg の端數のセメントは、秤で計量しなければならない。

§ 123. 砂 の 計 量

(1) 概説 砂の單位容積の重量は、弛く輕盛にした時と十分搗り込んだ時とは大分異なるから、砂もセメントと同様、重量に依つて計量するのが理想である。然し、砂を重量で計量することは困難な場合も多いし、又、工事の種類に依つては、それ程正確に計量しないでもよい場合も尠くない。

手練りの場合、骨材を容積で計量するには、底のない箱を練臺の上に置き、箱の中に骨材を入れて計量した後、箱を除去する。

獨輪車又は2輪車で骨材を計量することもある。此の場合、骨材の入れ方を一定にすることに注意しなければならない。車は、骨材が水平面に入れられる様な形のものを用ゐるがよい。土工用の車などを利用する時には、底のない箱を車の上におき、之で、骨材を計量した後箱を除去する。少しは手間がかゝつても、正しい計量をなし得る方法を採用するのが適當である。

示方配合容積比で示される砂の容積は、骨材單位容積重量試験標準方法 (§ 430 参照) に示された方法、即ち棒突き法によつて乾燥した砂を締固めた時の容積である。然し、現場で砂を容積で計量する時、此の方法によることは、殆ど不可能である。依つて、現場に於ける計量方法による容積と、標準方法による容積との差に對して、修正を行はなければならないのである (§ 121 参照)。

現場で濕つた砂を輕盛で計量する時の量は、極く大體に就いて言へば、標準方法で計量する時の 75% である。

砂を容積で計量するに就いて最も困難を感じるのは、§ 64 に述べた様に、砂が其の含む水分によつて其の容積を膨脹すること、即ち膨みを生ずることである。

現場で使用される砂中に含まれる水分は、晴天と雨天と曇天とによつて異なり、又、同じ場所に盛られた砂でも、表面と内部とに於て異なることは勿論であるが、普通に其の重量の 3%

乃至 10% の水分を含んで居るから、實際に於て最大膨みの状態に近い砂を使用する場合が多いのである。示方配合は表面乾燥飽和状態の砂を使用する時の配合であるから、斯く最大膨みに近い状態にある砂を單に示方配合比で示される容積丈け量つて用ゐれば、示方配合に示されるよりも、2割乃至3割位少い砂を用ゐることになり、示方配合のコンクリートが得られない。それで、現場に於て、示方された配合及び水量のコンクリートを造る爲には、砂を容積で計量する場合、其の測り方を一定にするのみならず、砂の膨みを考慮して、正しい量の砂を用ゐること、及び、其の砂が含む水分を考慮して使用水量に修正を施すこと (§ 121 参照)、が是非必要である。容積によつて、水分を含む砂を正しく計量する爲に用ゐられる方法に、膨みに對して修正を加へる方法と、インテンション法とがある。

(2) 乾燥した砂の計量 乾燥した砂でも、現場で之をショベルで容器に投入すると、棒突き法による時に較べて約 7.5% 位容積を増すものである。それで、砂を容積で計量する時には、其の入れ方を一定にし、其の容積の増加率を實驗で定め、夫れ丈けの修正を施す。例へば、容積の増加率が 7.5% であれば、セメントと砂との示方配合容積比が 1:2 である時、現場配合容積比は 1:2.15 となる。

(3) 水分による砂の膨みに對する修正 乾燥して居ない砂を容積で計量する時は、量り方による不同が、乾燥した時よりも一層大きいから、量り方を一定することが特に大切である。そして、砂の含む水分と、其の量り方による其の砂の膨みとの關係を、實驗によつて定めておかなければならない。砂が含む水分は、§ 437 にのべてある方法に依り、現場で比較的容易に測定出来るから、上記の關係から、其の砂の膨み、從つて膨みに對する修正を求めることが出来る。例へば、砂を容積が $V (\text{m}^3)$ である運搬器で計量するものとし、一定の投入方法で含水量が 7% である砂を填充する時、乾燥した砂を棒突き法で計量する場合に對し 20% の膨みを生ずるとすれば、其の砂の實際の容積は $V \div 1.2 = 0.833 V (\text{m}^3)$ である。又、此の砂が乾燥した時、棒突き法による時の $V (\text{m}^3)$ の容積を量るには、現場の此の方法によれば、 $1.2 V (\text{m}^3)$ の砂を量らなければならない。

それで、砂の容積計量に用ゐる容器の容積は、大約 3 割位大きく作つておき、容器に度盛をつけて、砂の膨みに對する丈け、餘分の容積の砂を計量し得る様にするのが便利である。

上記の方法は、計量に用ゐる容器及び之に砂を入れる方法を一定すること、砂の含む水分と定められた計量方法による時の砂の膨みとの關係を豫め實驗しておくこと、現場で水分の測定を行ふこと、膨みに相當する丈け餘分の砂を計量すること、等の手數がかゝる上に、是等の作業中に誤差の起る機會が甚だ多いから、砂を容積で正確に計量することは、甚だむづかしい。之が、砂の正しい計量を是非必要とする場合に於て、重量で計量する方が却て便利

になる理由である。

現場で或る砂の膨みを簡単に試験するには、砂が水で飽和された時の容積は、之を乾燥して棒突き法によつて量つた時の容積と殆ど相等しいと言ふ性質を利用してよい。其の方法は、砂の計量に用ゐる容器に現場の入れ方で砂を上まで填充した後、砂を取出し、容器に其の容積の3割乃至4割の水を入れ、前に取出した砂を再び徐々に容器に入れる。然れば、砂は水で飽和されて容積を減じ、水の中に沈澱し、餘分の水は容器から溢れ出る。此の時の砂の容積を容器の容積から減すれば、其の砂の膨みが求められる。

(4) **イナンデーション法** 之は、上述の、砂が水で飽和された時の容積は、砂を乾燥して棒突き法によつて量つた時の容積と殆ど相等しいと言ふ性質を利用するもので、砂を水で飽和させて容積で計量するのである。簡単に此の方法を行ふには、次の如くすればよい。砂を量る容器は鐵製のバケツ形のもので便利である。水を入れた箱に砂を入れて飽和させ、之を水と共に掬ひ上げて砂の面が容器の面より高くなる位に入れ、餘分の砂を掻き取る。此の際、水を十分に使用すれば、同時に砂を洗ふ目的を達することも出来る。運搬車を用ゐる場合でも以上に準ずればよい。

大工事に於て、此の作業を機械的に行ふ爲に、イナンデーターが發明されたが、缺點が多いので、現今は、殆ど使用されない。

大工事で、砂を重量で計量する時には、特別な計量装置を使用するのが普通である。

砂は、之を重量で計量するにしても、含水量を測定して正しい量を計ること、及び、含水量に應じて使用水量に修正を施すこと、が必要である。殊に、暑中の工事などでは、含水量が時間によつて大分變つて来るから、十分まめに、修正を行ふ必要がある。

§ 86 に述べた様に、洗つた砂の下に排水設備をなし、12時間位水を切つてから用ゐれば、含水量のほゞ一定な砂を使用することが出来る。

一定の含水量の骨材を計量する目的で、骨材振動機が考案されて居る。之は、底に金網を有する容器に、壓力ある水をかけながら砂を充たした後に、容器に振動を與へて砂の水を切り、此の砂を重量で計量するものである。齊等性のコンクリートを得る目的に對して、頗る適當なものである。

§ 124. 砂の膨みと檢收

砂を購入する時には、砂の膨みの儘の立米當りによつて檢收するのが慣例であるから、砂の供給者は、少しく費用が掛つても、檢收を受ける直前に盛立てをするのが利益である場合が多い。それで、100 m³ の砂を檢收して、晴天1週間も経つと、90 m³ しかなくなつたと言

ふ様なことが起るのである。必要な砂の容積は空氣中乾燥状態又は表面乾燥飽和状態に於ける容積であるから、砂を購入する時の示方書は、乾燥した砂を標準とすることを、記載すべきであると思ふ。砂の容積を量るには、膨みの儘の立米當りに依るのが簡單であるから、之で檢收した後に盛砂の數ヶ所から試料を取り、其の膨みを試験し、膨みに對する修正を施せば、正しい容積の砂を購入することが出来る。砂は散亂其の他の爲に失はれるものであるから、多少の餘裕を見込んで購入する必要があることは勿論であるが、以上の様にすれば、從來の如く、2割以上も餘裕を見込んでおくと言ふ様な必要はなく、正しい量を購入する點に就いて合理的である。

§ 125. 粗骨材の計量

砂利、碎石、等は容積で計量するのが普通である。粗骨材は、其の含む水分による膨みが極めて小さいし、又、計量方法が同じであれば、其の誤差も比較的小さいから、特別の場合のほかは、容積で計量して差支へない。

現場で、粗骨材をショベルで容器に入れて計量すると、其の粗骨材を標準方法によつて計量した時に較べて、普通2%乃至5%位容積が増加する。依つて、粗骨材を容積で計量する時にも、計量方法を一定して容積の増加率を實驗で定め、之に相當するだけ餘分の粗骨材を計量しなければならない。

粗骨材は、往々、大小粒が分離して居るから、之を計量する際にも、粒度がなるべく同じな粗骨材を計量器に入れる様、十分注意しなければならない。粒度を同じにする爲に、粗骨材を篩分けておき、之を所定の割合に混合して使用することに就いては、§ 86 に説明した通りである。

§ 126. 水の計量

設計された通りの水量を使用することが大切であることは明白であるが、現場で之を勵行するには、非常な努力が必要である。

使用水量は、セメント水重量比又は水セメント重量比で示されるが、現場で使用水量を正確に計量するには、是等から計算した水量から骨材が含む表面水量だけを減するか、又は、是等から計算した水量に骨材の吸水量だけを増さなければならない。

骨材の含水量試験は § 436 及び § 437 に、骨材の吸水量試験は § 433 及び § 434 に、細骨材の表面水の測定は § 435 に示してある。

現場で1練り毎に使用水量に對して修正を加へることは不可能であり、又、それ程の必要

もないが、事情の許す限り、屢々修正を加へなければならない。

水を測るには、重量によるか、目盛を施した水槽によるのが正確である。前に述べた様に、水の計量装置は、水槽の容量の $\pm 0.5\%$ まで精密に調整できることが必要である。

水槽が附けてあつて、水を計量し得る装置を有するミキサを用ゐれば、水の計量が容易である。此の場合、ミキサを出来るだけ水平に据える必要がある場合が多い。

第2節 混合方法

§ 127. 概 説

コンクリート材料は之を十分に混合して、骨材の表面に普くセメント糊が擦り付けられる様に、又、材料混合の状態がどこも齊等である様に、しなければならない。コンクリートの或る配合に對して、其の最大強度、最大密度を得させる爲には、完全な混合が極めて大切である。

コンクリートが均一に混合されて居るや否やを、一見して知ることは、困難な場合が多い。殊にセメントと同色の細骨材を用ゐる時にそうであるから、機械練りの場合には適当な構造のミキサ内に於て一定時間混合すること、手練りの場合には一定の回数切り返へすこと、が必要である。

コンクリートを混合してから使用し終る迄に許し得べき時間は、セメントの性質、天候、温度、水セメント比、等によつて異なるが、温暖で乾燥して居る時で1時間、低温で濕潤な時でも2時間まで、である。故に是等の時間を経過したコンクリートは之を捨てなければならない。此の関係から、是等の時間以内に使用し得るだけのコンクリートの量を混合する様にならない。又、之と同時に、既に打ち終つたコンクリートが凝結を始める前に、次のコンクリートを打ち得る様に混合作業を行ふことも必要である。それで、コンクリートの運搬及び打込みの作業とよく連絡を取つて、凡ての作業が中斷することのない様に、混合作業を計畫することが大切である。

§ 128. 練返しコンクリート

鉄筋コンクリート標準示方書第2條に、

『練直し——コンクリート又はモルタルが凝結を始めた場合に於て、再び混合する作業を言ふ。

練直し——コンクリート又はモルタルが混合後相當時間経過したる場合、又は材料の分離を生じたる場合等に於て、再び混合する作業を言ふ。』

と定義してある。即ち練返しは、コンクリート又はモルタルが凝結を始めてから再び混合する作業であり、練直しは凝結を始めない前に再び混合する作業である。兩者を混同してはならない。

水を加へずに十分練返したコンクリートは、實驗室に於ける試験の結果によると、一般に、壓縮強度が増加するのみならず、打つた直後に於ける沈下及び硬化の際の収縮が少い。練返しによつて強度が増加する理由の一つは、セメントの水和熱のためにコンクリート中の水が蒸發し、水セメント比が小さくなるからである。それで、修繕作業其の場合に於て、練返しコンクリートを使用するのが適當である場合も尠くない。然し、練返しコンクリートと鉄筋との附着強度は、普通の場合よりも減する。又、現場に於て、十分な練返しを實行させることは頗る困難であるから、練返しコンクリートの使用を許すことには不安がある。故に、鉄筋コンクリート工事に於ては、特別の場合のほか、練返しコンクリートの使用を禁じなければならない。

鉄筋コンクリート標準示方書は、練返しに就いて、次の様に規定して居る。

『第30條 練 返 し

凝結を始めたるコンクリート又はモルタルは、之を練返すとも使用することを得ず。』

無筋のコンクリートでも、練返しコンクリートの使用を禁止するのが普通である。それは、練返しを許すと、コンクリートの凝結の程度に就いて議論が起るし、又、練返しが十分でないと甚だ悪い結果に終るからである。特別の場合として、表面仕上げに用ゐるモルタルであるとか、凝結初期に於けるコンクリートの収縮を出来るだけ避け度い様な時には、練返しコンクリートを用ゐて好結果が得られるし、又、水中コンクリートの場合にも、之を應用して有利なことがある。

§ 129. 手練りと機械練りとの比較

時間にも工費にも無關係に、只、最良のコンクリートを造ると言ふ點からすれば、手練りは機械練りに勝るものと著者は信じて居る。

普通の場合でも、丁寧に何度も何度も切返して手練りをすれば、機械練りに劣らないコンクリートを造ることが出来る。但し、之が爲には十分な監督が必要である。然し監督を厳にすると云つたところで、練方人夫ばかりでなく、監督者も疲れて来るから、大量のコンクリートを造る場合、手練りは兎角不満足な結果に終るのが一般である。

機械練りは、混合が徹底し、且つ作業が迅速で、大規模の工事に對しては、手練りに較べて頗る經濟的である。

現今、鐵筋コンクリート工事に於ては、機械練りを用ゐるのが原則になつて居る。之は、鐵筋コンクリート構造の部材は比較的寸法が小さい爲め、コンクリートの強度、水密性、等が特に大切であつて、若し一部分混合が不十分で粗悪なコンクリートが出来れば、之が構造物全體に悪影響を及ぼすからである。唯、小工事が、又は特別の場合丈に、責任技術者の承認を得て、手練りを行ふことがある。

§ 130. 手 練 り

鐵筋コンクリート標準示方書は、パッチ ミキサによる機械練りを原則とし、唯、小工事其の他特別の場合に、責任技術者の承認を得た時に限り、手練りを用ゐることを許して居る。即ち、第29條(1)に、『責任技術者の承認を得たる時は、手練りに依ることを得。手練りは水密性の練臺上に於て之を行ふべし。』と規定して居る。

手練りを行ふには、練臺を準備しなければならない。練臺は、普通、水の漏らない様に板を密接し、之に數本の棧を打附けたものである。水の流れ落ちるのを防ぐ爲に、周圍に縁をつけることもある。練臺の上に、厚さ1mm乃至2mmの鐵板を置けば、水の漏れる心配もなく、且つ混合作業が容易である。手練り1回のコンクリート練り高は、普通、 $\frac{1}{6}$ m³位であるから、練臺の大きさは巾120cm、長さ200cm位である。セメント1袋を單位として材料を計量する時に、1:2:4の配合のコンクリートならば之で十分であるが、1:3:6の配合の時には、巾120cm、長さ240cm位にする必要がある。

手練りの際に、水を加へるには、なるべく如露の類で靜かに之を加へ、セメントを洗ひ流すことのない様に注意しなければならない。又、練臺をなるべく水平に据ゑつけることも大切である。

手練りを行ふ時、材料を加へて行く順序について、種々の方法がある。次に、最も入念な方法と普通の方法とを説明する。

(1) 入念の方法 先づ砂を練臺上に擴げ、其の上にセメントを撒き擴げ、練方人夫2人又は4人向き合ひ、ショベルで一端から雜ぜ返し他端に及ぼす。此の作業を俗に「**切り返す**」と言ふ。切り返しは、齊等な色合を呈するに到るまで、少なくとも3回乃至4回之を行ふ。斯く水を入れずに切り返すことを**空練り**(からねり)と言ふ。

空練りを終つたならば、如露の類で使用水量の一部を加へた後に、3回以上切り返して完全なモルタルを造る。

斯くしてモルタルが出来れば、之を練臺の上に擴げ、其の上に砂利を擴げ、残りの水を少しづつ加へながら切り返し、モルタルが全く一樣に砂利を包み、全體が齊等質のコンクリートとなる迄、少くとも3回切り返す。

斯の如くすれば、手練りの作業が大體3段に分れることになる。どの作業に於ても不完全な様子があれば、何度でも切り返すことが必要である。

鐵筋コンクリート用のコンクリートに於ては、なるべく完全な混合が得られる方法を用ゐなければならないから、鐵筋コンクリート標準示方書は、此の入念の方法に従ふべきことを規定して居る。即ち、第29條(2)に、『手練りの順序は先づモルタルを造り、次に粗骨材を加へ十分混合するものとす。其の練上りコンクリートは前條機械練りに準ずべし。』とある。

(2) 普通の方法 前同様に、セメント及び砂を全部一樣の色合となる迄空練りした後、砂利又は碎石を加へ、水を注ぎ、齊等なコンクリートを得る迄3回以上全量を切り返す。此の方法は、前者に較べて多少勞力は尠いが、監督が十分でない時、前者よりも混合が不十分になる傾向がある。多くの示方書では、空練りの切り返し4回以上、水を入れてからの切り返し5回以上、都谷9回以上を規定して居るが、切り返しの回数さへ多ければよいと言ふ譯ではないから、練方人夫は正直で、熟練したものを選ぶことが肝要である。

手練りで大量のコンクリートを造るには、材料の計り方1人、材料運搬に2人、練方に2人、少くとも5人の人夫が必要である。

第3節 機 械 練 り

§ 131. ミ キ サ

ミキサは、示方された時間内に、コンクリート材料を十分に混合して齊等質のコンクリートを造り、材料の分離なしに之を排出する構造のものでなければならない。

出来るだけ短い時間で満足な混合が得られると同時に、有害量の空氣がコンクリートに混入しない様な有效なミキサの構造に關する必要條件は、未だ判かつて居ない。然し、混合胴の形、混合羽根の配置、廻轉の速度、材料投入の順序及び方法、骨材の最大寸法、使用水量、1練りの量、等が大切な條件であることは明白である。従つて、満足な混合を得る爲に、ミキサで混合を行ふべき時間は、是等の事項に關係するものである。

混合場に於ける設備は、混合胴に入れられる凡ての材料(水を含む)を正確に配合し得る様、自由に調整できるものでなければならない。

現今、機械練りに、最も廣く用ゐられて居るミキサは、バッチ ミキサ (batch mixer) である。標準示方書は、第28條 (1) に、『コンクリートの混合にはバッチ ミキサを使用すべし。』と規定して居る。バッチ ミキサは、1回の混合量丈けの材料を機中に入れて練上げ、之を取出した後、更に次の材料を入れて混合するもので、此の1練りを1バッチと言ふ。

バッチ ミキサを形の上から分けると、**立方體型**、**圓筒型**、**圓錐型**、及び**德利型**の4種とすることが出来る。是等のうちで、圓筒型は、混合胴を傾けずに、取出樋によつて練上げたコンクリートを吐出させることが出来るが、他の3種では、混合胴を手力又は動力で一方に傾けて吐出させるのが普通である。前者を**不傾式**と言ふに對して、後者を**可傾式**と言ふ。

立方體型 混合胴は、單に鋼製の立方形の箱で、其の對角線を水平軸とし回轉させる。よつて内部の材料が顛倒し、互に捏ね合つて混合される。材料の投入口と、練上りコンクリートの取出口とが、相對してついで居り、可傾式である。此の型は、昔、盛に用ゐられたが、函の隅にコンクリートが附着し易い缺點があり、効率も餘りよくないので、現今は多く用ゐられない。

圓筒型 圓筒型は、圓筒を水平軸の周圍に回轉させるもので、筒の一侧に材料投入口、他側に練上りコンクリートの取出口がついてある。筒の内面には、鋼製の混合羽根及び掬揚羽根が數個つけてある。投入された材料は、先づ投入口側の混合羽根で持上げられると落ちる様になる。落ちると次の混合羽根で掬はれて再び持上げられると同時に次第に取出口側の掬揚羽根に移され、掬揚羽根から取出樋の上に落ちる。取出樋が内方に傾いて居る時、即ちコンクリートを取出さない時には、取出樋の上に落ちた材料は再び混合羽根の上に落ちて、前と同様の移動を繰返すので、材料は筒内を往復しながら捏混される。取出樋を外方に傾ければ、掬揚羽根から樋の上に落ちたコンクリートが筒外に吐出される。是等の羽根の形狀、傾斜の状態などは、製造者によつて各々異なつて居るので、其の働きも以上と多少違つて居るものもある。

圓錐型 2個の圓錐胴を底で織ぎ合はせ、水平軸の周圍に回轉させるものである。内面には兩側から中央に向つて傾斜した鋼製の羽根が數個つけてあつて、回轉の際、羽根で材料を掬ひ上げ、羽根が上部に來た時に掬つて來た材料を中央に落す様になつて居る。兩端は開いて居つて、一方は材料投入口、他方は取出口で、可傾式である。

德利型 混合胴は德利狀であつて、之を傾斜させた位置で回轉させるものである。胴の内面には數個の攪拌羽根が螺旋狀に取付けられて居る。回轉軸は前後に傾斜し得る様になつて居るから、便宜の傾斜にして材料を投入した後、一定の傾斜にして回轉させ、混合が終つたらば、胴を傾けてコンクリートを吐出させる。

混合胴が車體にのせてある場合に、材料及びコンクリートの出入口が、車の進退の方向について居るものと、之と直角の方向について居るものがある。前者を**エンド ダンプ型** (end dump type) と言ひ、後者を**サイド ダンプ型** (side dump type) と言ふ。エンドダンプ型は、道路工事などに多く用ゐられる。此の種のもので、混合胴の取出口から練上りコンクリートを路面に配布する装置を有する道路工事専用のミキサを、**ペーパー** (paver) と言ふ。

いづれの種類でも、完全なミキサとしては、混合を繼續すべき最小時間に達する迄はコンクリートを吐出することが出来ない装置を有すること、混合が始つた後に材料を投入することが出来ない装置を有すること、水槽に鎖錠を具へた自動計量器を有すること、等が必要である。

§ 132. ミキサの能力

バッチ ミキサの能力は、1回に混合されるコンクリートの容積(1バッチの容積)で表はされる。例へば 0.2 m^3 練りのバッチ ミキサと言ふのは1回の最大混合量が、 0.2 m^3 (7切) であるミキサのことである。普通に用ゐられるミキサの能力は、最小 0.113 m^3 (4切)、最大 0.8 m^3 (28切) 位で、 0.2 m^3 又は 0.4 m^3 のものが、最も多く用ゐられて居る。

コンクリート1回の練り高は、其のミキサに對する製造者の公稱能力を決して超過してはならない。但し、信用のない製造會社の製品では、其の公稱能力に信頼すると失敗することがあるから、注意を要する。それで標準示方書第28條 (2) には、

『1練りの分量は責任技術者の指示に従ひ之を決定すべし。』

と規定してある。ミキサの能力が判からない時は、大體、其のミキサの内容積の25%を以て、其のミキサの能力と假定してよい。

コンクリート1練りを混合するに必要な時間は、ミキサの効率によるは勿論、材料の運搬及び之を計量してミキサに投入する諸設備、コンクリートのウオーカピリチー、等によつて異なるものであるが、大約 $2\frac{1}{2}$ 分乃至5分である。1練りの混合時間から、或る能力のミキサを用ゐて1時間に練上げ得るコンクリートの量を、算出することが出来る。

或るコンクリート工事に對して、使用すべきミキサの能力と其の臺數とは、工事の種類、1時間に練上げるを要するコンクリートの量、コンクリートの運搬及び打ち方の能力、等に適應し、凡てのミキサが其の全能力を發揮し得る様に定めなければならない。

ミキサの能力が大きくても、其の運轉費は左程増加するものでないから、大工事には、能力の大きいものを選ぶのが、一般に利益である。

ミキサに故障が起つてもコンクリートの作業を中絶しない爲に、大工事に於ては、豫備として、尠くとも1臺のミキサを準備するのが適當である。

§ 133. ミキサ用の動力

ミキサを運轉する爲の動力としては、電氣モーターが最も確實で、使用も簡易であるが、電力線引込みが間に合はないとか、引込み工費が多額に上るとか言ふ様な事情の爲に、之を用ゐることが出来ない時には、内燃機關、蒸氣機關、等を用ゐなければならない。

内燃機關として普通に用ゐられて居るのは、揮發油機關又は石油機關である。之は爆音が喧しいことと、比較的故障を生じ易いこと、とが缺點である。特別に運轉手をつけないと、一度の工事で減茶減茶になることがあるから、取扱ひに十分注意を要する。都市に於ける工事では、故障が起つた時、修繕を頼むことが比較的容易であるから、蒸氣機關の様に煤煙を飛散して人に迷惑を及ぼさない點は都合がよい。

山間の土木工事などでは、故障の尠い蒸氣機關を選ぶのが利益な場合が多い。汽罐其他の設備の爲に費用も高くなること、蒸氣が上つて運轉する迄に相當の時間がかかること、等の缺點はあるが、運轉が極めて確實であると言ふ點から、土木工事に用ゐる動力として、捨て難いのである。猶ほ、工事の種類によつては、蒸氣機關は、コンクリートの混合用動力としてばかりでなく、巻上機及び排水ポンプ用の動力に併用することも出来るし、蒸氣は寒中コンクリートの場合の材料の加熱及び暖房に使用することも出来る。

ミキサの運轉に要する馬力は、ミキサの混合能力、構造、其の他によつて異なるは勿論であるが、作業の性質上、實際に必要なものよりも大きな馬力の原動機を用ゐてあるのが普通である。經驗上から、一般に用ゐられて居る原動機の馬力と、混合容量との關係は、大約、次の通りである。

混合容量 (m ³)	0.085~0.11	0.14~0.17	0.2	0.28	0.40	0.57
" (切)	(3~4)	(5~6)	(7)	(10)	(14)	(21)
馬 力	3	4~5	5~6	7 $\frac{1}{2}$ ~9	10	15

§ 134. ミキサの選擇

鐵筋コンクリート及び其の他の重要なコンクリート工事に於ては、一般に、バッチ ミキサが使用されて居るが、バッチ ミキサのうちで、どれを選ぶかを定めるには、工事の種類、混合すべきコンクリートの流動性、等に就いて考へる必要がある。例へば、コンクリート道路工事の様に、硬練りコンクリートを使用する場合に、圓筒型の様な不傾式ミキサを使用する

と、コンクリートが羽根に附着して、混合が思ふ様に行はれないのみならず、コンクリートを吐出させるにも困難を感じる場合が多い。ソリヂチット・コンクリートを用ひる様な場合に殊にそうである。故に、斯の如き時には、混合羽根の数の尠い可傾式ミキサを用ゐるのが適當である。普通の鐵筋コンクリート工事に於ては、比較的混合羽根の多いミキサの方が、混合が完全に行はれ易いことは明白である。

ミキサの構造が適當でない、初めにモルタルの多いコンクリートを吐出し、後に粗骨材の多いコンクリートを吐出したり、初めに粗骨材の多いコンクリートを吐出し、後に、モルタルを吐出したりする。いづれも、齊等質のコンクリートを得るに不都合なものである。是等は、吐出口の形、混合羽根の數、其の他の部分の改良、等によつて、齊等質のコンクリートを吐出し得る様になし得る場合も尠くない。故に、新しいミキサを使用する時には、先づミキサの試験をすることが大切である。

ミキサを試験するには、吐出される各時期のコンクリート試料を取り、洗分析試験 (§ 477 参照) を行ふ。各時期に於けるコンクリートの水セメント重量比、セメント細骨材比、粗細骨材比、等に於て、大約 10% 以上の差がある時は、ミキサの改良、混合時間の延長、等に就いて考慮しなければならない。

各種のミキサの中で、ミキサ自身の目的から云へば、最小時間に其の公稱能力のコンクリートを、最も齊等に、最大壓縮強度を有する様に、混合し得るものが最も優秀なものである譯であるが、猶ほ此のほか、取扱ひ上から構造が簡單で修理が容易であること、經費の上から、代價が安いこと、運轉用消耗品費が尠いこと、且つ耐久力が大きいこと、等を考へると、如何なるミキサを選擇すべきかは、非常にむづかしい問題である。

實際問題としては、製造會社の信用と、其の價格とから、ミキサが選擇されて居る。

§ 135. ミキサに材料を投入する順序

著者の實驗の結果によると、ミキサに材料を投入する順序は、水、セメント、砂、砂利の順序にするのが適當である (九州帝國大學工學彙報第三卷第六號 昭和六年二月 参照)。

水とセメントとを早く接觸させれば、セメントが十分に水と接觸し、更にミキサ内で骨材の爲に粉碎作用を受け、セメントが有効に利用されるから、壓縮強度の大きい、齊等質のコンクリートが得られる。従來行はれた、セメントと骨材との空練りは不要で、水は、尠く共、他の材料と同時に之をミキサに注入するのが適當である。

先づセメント糊を造り、之をミキサに入れて骨材と混合すれば、コンクリートの強度を増大し、ウォーカビリティーを良くすることが出来る。此の主旨で出來たコンクリート材料の配

合調整機は、**ウォーセクリーター**と言ふ名で、日本建機株式会社が製造販賣して居り、非常に好成績を示して居る。

ウォーセクリーターを使用しない場合、理想的な、材料投入の順序は次の如くである。他の材料を投入しない前に、先づ、使用水量の10%乃至15%をミキサに入れ、亜いで、セメント及び骨材を投入しながら注水し、是等の投入を終つた後に残りの10%の水を入れる様にする。猶ほ、セメントと細骨材とは、是等を投入する割合を一定にし、粗骨材は、セメント及び細骨材の投入を開始してから、尠くとも1秒乃至2秒間を経過した後に、之の投入を開始する。

§ 136. 機械練りの作業

コンクリート材料は、之を十分混合し、練上りコンクリートは色合が一樣で、粘性に富み、齊等質でなければならない。或るミキサを用ゐる時、上記の様な、コンクリートの混合を得る爲に、何分間混合を繼續すべきであるかは、與へられた材料、配合及び水量のコンクリートに就いて、其のミキサに於ける混合時間と其のコンクリートの壓縮強度との關係を試験し、其の結果から判定するのが最も合理的である。

普通のミキサで、混合時間が5分乃至10分間迄は、壓縮強度が増加する。1分間までの間の強度の増大が非常に大きい。2分間以上混合しても、強度の増大が著しくないから、得る所が尠い。現今の優秀なミキサを用ゐれば、1分間乃至2分間の混合で、満足な結果が得られるのが普通である。

混合を繼續すべき適當な時間は、ミキサの種類、構造及び大きさによつて差のあるのは勿論であるが、ミキサが回轉する時の周邊の速度にも關係がある。あまり速度が大きいと、材料は遠心力によつて混合胴と共に回轉する傾向を生じ、反つて混合作用を妨げることになり、餘り遅ければ混合の效率が悪い。回轉の周邊速度は、現今の所で、1秒間に1m位が最も適當であると考へられて居る。之は1分間の回轉數約20内外に相當する。

普通のミキサを用ゐて完全な混合をなし得る爲には、凡ての材料をミキサに投入した後、能力約0.8m³以下の時は1分間以上混合し、能力0.8m³以上の時は、0.4m³又は其の端數に對して15秒混合時間を増大すればよい。猶ほ、硬練りコンクリート程、混合時間を長くする。作業に適しないと思はれるウォーカビリチーのコンクリートでも、混合時間の増加に依つて、十分ウォーカブルなコンクリートになることは、決して尠くない。

ミキサ内に材料全部を供給した後の混合時間を1分乃至2分とすれば、之に材料の供給及びコンクリートの排出に要する時間を加へて、1時間に混合し得るバッチの數は、最大20と

考へてよい。

機械練りの際、最初の1練りは、ミキサにモルタルが附着する爲め、所定の配合のコンクリートが得られない。依つて、ミキサを使用する時は、最初、適量量のモルタルを練りて之を排出し、次に所定のコンクリート材料を供給して、混合を行ふのが適當である。最初に混合したモルタルを敷モルタルとして打つことは、コンクリート表面が綺麗に仕上がることに、又、打機目が安全にできること、からも大切なことである。

バッチミキサを使用する場合、ミキサ内のコンクリート全部を排出した後でなければ、新たに材料をミキサ内に供給してはならないことは明白である。硬化したコンクリート及びモルタル又は其の他の雜物の混入を防ぐ爲め、及び、ミキサの内部に附着したコンクリート又はモルタルがミキサの効率を減ずるのを防ぐ爲め、作業の前後に於てミキサの内面を十分に掃除することが必要である。

猶ほ、ミキサから排出される際、コンクリート材料が分離する傾向ある時は、§ 155 に述べてある様に、吐出口の下に長さ約70cmの管を付けるがよい。

機械練りに就いて、鐵筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第28條 機械練り

- (1) コンクリートの混合にはバッチミキサを使用すべし。
- (2) 1練りの分量は責任技術者の指示に従ひ之を決定すべし。
- (3) コンクリート材料は之を十分混合し、練上りコンクリートは色合一樣にして、粘性に富み、齊等質なるを要す。
- (4) 混合時間はミキサ内に材料を全部供給したる後、毎秒約1mの回轉外周速度に於て1分以上とすべし。
- (5) ミキサ内のコンクリートを全部排出したる後にあらざれば、新たに材料をミキサ内に供給すべからず。ミキサは之が作業の前後に於て十分掃除すべし。』

§ 137. ミキサの運轉に就いての注意

ミキサの運轉に就いて注意すべき事項は、次の如くである。

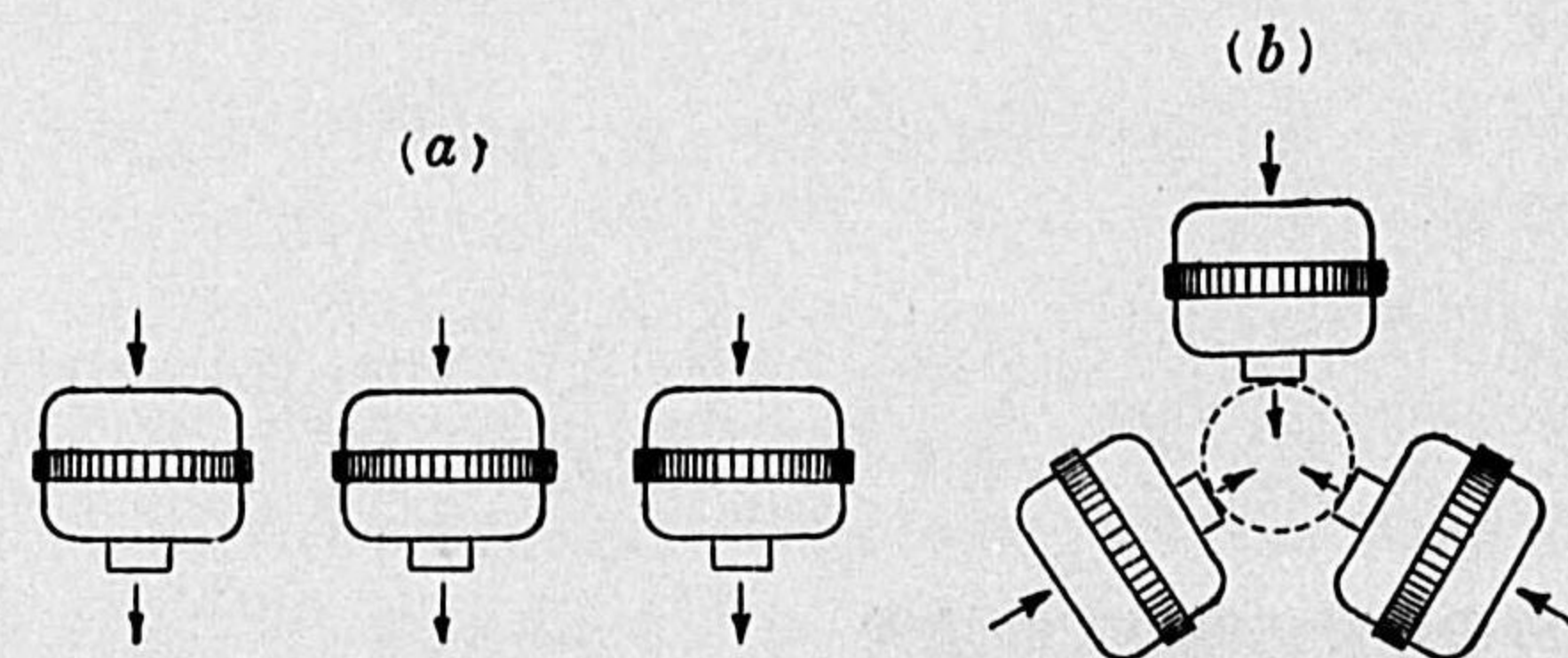
- (1) ミキサを運轉するには、先づ、原動機の空運轉をすること。
- (2) 原動機が運轉を始めた後、徐々に荷をかけて、混合胴の空運轉をすること。
- (3) 混合胴が圓滑に回轉を始めた後に、材料の供給装置及び練上りコンクリート吐出装置の空運轉を検し、猶ほ、水槽の水の出入具合も試験して、使用水量に應ずる様に之を調節すること。

- (4) 以上の試運転を終へた後に、混合胴を回轉しながら材料を供給すること。
- (5) 混合胴の回轉数が適當であるかを檢し、必要あれば調節すること。
- (6) 定められた個所へ十分油をさし、内燃機關を用ゐる時は、冷却用の水を十分に加へることを忘れないこと。
- (7) 混合胴内部の材料を排出した後でなければ、混合胴の回轉を停止しないこと。猶ほ、ミキサ使用の前後に於て水で混合胴の内部を洗ふこと。
- (8) ミキサの使用を終つたならば、次の使用に差支へない様整備すること。猶ほ、風雨其の他に對して適當の保護をすること。

§ 138. 混合所の設備

大工事に於ては、材料を運搬し、之を計量してミキサに入れ、練上つたコンクリートを運搬器に移す迄の作業を、確實迅速ならしめる爲に、種々の設備をすることが必要である。之は、工事の種類、混合すべきコンクリートの量、地形、其の他のよつて異なるから、一般の標準を示すことが困難であるが、實際工事に當りては、諸工事の實例、經驗、等によつて、主任技術者が計畫すべき大切な事項の一つである。例へば、3臺のミキサを配置するだけのことも第43圖(a)の様にするか、(b)の様にするか、によつて、設備の工費並びに効率に非常に大きい差を生ずることがあるのである。

第43圖 ミキサの配置圖



十分な混合設備をすることは、經濟上からはあまり利益がないこともあるが、作業を確實に迅速に行ふと言ふ點から、必要である場合が多いのである。

§ 139. 既混合コンクリート (Ready mixed concrete)

近來、米國の都市では、一般のコンクリート工事に對し、需要者の注文に應じて、所要の強度及びウオーカビリチーのコンクリートを自働車で配給することが、盛に行はれて居る。1940

年に、米國では、既混合コンクリートを販賣する會社が700あり、8,000,000 m³のコンクリートを製造した。

既混合コンクリートを配給するのに2つの方法が行はれて居る。1つは、自働車にミキサを据付け、之にセメント及び骨材を入れ、適當な時期に水を加へて運搬中にコンクリートを混合するものであり、他は、中央混合所で混合したコンクリートを攪拌機を有する自働車で運搬するものである。攪拌機は、運搬中に於けるコンクリート材料の分離を防ぐ目的で使用されるものである。

既混合コンクリートの普通の示方書には、コンクリートは材料に水を加へてから1時間半以内に之を打たなければならないことが、規定してある。米國では、既混合コンクリートに關する標準示方書も出來て居る。

第 8 章 コンクリート打ち

第 1 節 準 備

§ 140. 概 説

コンクリート打ちを始める前に、運搬、締固め、等に用ゐる機械器具一切の用意と、コンクリートを打つ場所の準備とを終らなければならない。

輸送装置の内面に附着して居る硬化コンクリート又は雑物は、之を除去して、是等がコンクリートに混入しない様にする必要がある。

型枠内にコンクリートを打つ時には、型枠が正しい位置及び正しい寸法に、十分堅牢に出来て居るかを先づ検査する。寸法が小さ過ぎるのは勿論悪いが、少しづつ寸法が大きくなつて居れば、コンクリートの容積が大分増加する。著しく高い壁、又は薄い部分の型枠に於ては、コンクリート打ちの際に、型枠又は鉄筋に硬化したコンクリートのたまるのを防ぐ爲の設備 (§ 262 参照) が出来て居るかを検査する。

コンクリートを打つ前に鉄筋配置の検査をすることは、責任技術者の重要な任務である。設計鉄筋量の $\frac{1}{4}$ しか使用されなかつた爲に、構造物が破壊して非常な災害を惹起した實例さへある。故に、設計圖と對照して、鉄筋の誤用はないか、鉄筋が正しい位置に配置されて居るか、組立用鉄筋や用心鉄筋が適當に使用されて居るか、コンクリート打込み中に鉄筋が移動することがない様十分堅固に固定されて居るか、等を嚴重に検査しなければならない。又、鉄筋が甚しく錆びて居つたり、鉄筋に油がついて居つたりしたら、是等を取去るべきことは勿論である。

コンクリートを打つ前に堰板を十分濕潤することは、堰板とコンクリートとの附着を防ぐ爲に必要なばかりでなく、完全な掃除をする上からも大切である。水道其の他の壓力ある水を筒口から吹きかけるのが最も便利である。此の際、水溜りが残らない様に注意を要する。嚴寒の際には、堰板を濕潤するとコンクリートが凍結する懼れを大ならしめるから、堰板に石鹼又は鐵油の類を塗るのが適當である (§ 269 参照)。

地盤上にコンクリートを打つ時には、地盤の性質、湧水の有無等に應じ、相當の手段を取らなければならない (§ 141 参照)。

鉄筋コンクリートに於ては、水中コンクリートの施工は嚴禁である。故に、根掘中の水は、

コンクリートを打つ前に必ず排除しなければならない。又、コンクリートが十分硬化する迄、根掘中に流入する水がコンクリートに接觸しない爲に必要な、一切の準備をしなければならない。水替をする場合の施工法は、§ 141 に述べてある。

前日に打つたコンクリートの上にコンクリートを打つ時には、本章第 4 節に述べてある打継目の施工によらなければならない。

いづれの場合に於ても、コンクリート打ちに先立ち、打つべき場所は綺麗に掃除し、塵埃、鉋屑、等、總ての雑物を除去することが必要である。普通の鉄筋コンクリート構造物では、鉄筋の組立後に型枠の一部を組立てることが多いから、一旦掃除をして置いても、鉋屑などが底に溜るものである。之を除去するに就いては、前に述べた様に、壓力ある水、壓搾空氣、又は兩者を併用するのが有効である。洗つた水を流す爲に、堰板に適當な孔をあけておき、掃除のすんだ後に之を塞ぐことは、§ 262 に述べてある。又、コンクリートを數回に分けて打つ場合には、鉄筋の表面に前回のコンクリートの飛沫が附着して居るから、面倒な作業ではあるが、之の掃除をすることも忘れてはならない。

コンクリートを打つには、先づ、使用コンクリート中に於けると同等以上の配合のモルタルを打つて擴げ、其の上にコンクリートを打つ。之は、コンクリート表面が綺麗に出来ること、及び、豆板の出来るのを防ぐこと、の爲に必要な。猶ほ、機械練りに於ける最初のバッチは、ミキサに多量のモルタルが附着するため (§ 136 参照)、所定の配合及び水量のコンクリートが吐出されないのが普通であるから、最初のバッチに於て適當量のモルタルを練り、此のモルタルを打つた上に、コンクリートを打つのが適當なのである。

コンクリート打ちの準備に就いて、鉄筋コンクリート標準示方書は、次の様に規定して居る。

『第 31 條 準 備

(1) コンクリート打ちを始めるに先立ち、輸送装置の内面に附着せる硬化コンクリート又は雑物は之を除去すべし。

(2) コンクリート打ちに先立ち、打つべき場所は掃除をなし、凡ての雑物を除去し、鉄筋を正しき位置に固定せしめ、氷結の虞れある場合を除き堰板は十分之を濕潤すべし。

鉄筋の配置につきては、コンクリート打ちに先立ち、特に責任技術者の承認を受くべし。

(3) コンクリートを打つには、先づ、使用コンクリート中に於けると同等以上の配合のモルタルを、1 練り打つべし。

(4) 根掘内の水はコンクリート打ちに先立ち、之を排除すべし。又、根掘内に流入する水が新規に打ちたるコンクリートを洗はざる様、適當なる方法に依り之を排除すべし。』

§ 141. 地盤上にコンクリートを打つ時の準備

基礎上にコンクリートを打つ時の準備は、基礎の地質と其の状態、基礎とコンクリートとの密着の必要な程度、等によつて異なる。

(1) **岩盤** 岩盤とコンクリートとを密着させる必要がある時は、必要に応じて岩盤面を粗にし、且つ水で綺麗に洗はなければならない。

腐蝕したり、弛むだりして居る岩、乾いたグラウト、其の他凡ての雑物は、之を除去する。岩の割目は、相當の深さまで、掃除する。

掃除は剛い刷毛、鶴嘴、高圧の水及び空気、濕砂の吹付け (wet sand blasting)、等の有効な方法で之を行ひ、更に水で十分に洗滌する。

(2) **硬い地盤** 硬い地盤、例へば、粘土、ローム、硬い火山灰、又は是等と岩屑とが混合してよく締つて居る様な地盤、にコンクリートを打つ時には、地盤がコンクリートから水を吸収するのを避けるため、地盤を約 15 cm の深さまで濕すのが適當である。コンクリートを打つ直前に、表面の泥土及び雑物を掃除し、コンクリート打込みの際に、土がコンクリートに混入するのを防ぐため、十分に表面を締固める。締固めた地盤の上に防水紙の類を敷き、其の上にコンクリートを打てば、コンクリートの水分が地盤に吸収されたり、コンクリートに土が混じつたりする惧れがない。此の場合、防水紙は少くとも 2.5 cm 重ね合せ、継目は鐵線で之を縫ふ。

(3) **割石又は砂利の基礎** 之は、早く排水する必要があるか、又は、軟い地盤の上にコンクリートを打つ必要がある場合に用ゐられる。之は、なるべく空隙の大きい砂又は砂利、割栗を砂利で目潰したもの、等で造られ、一般に、相當の締固めを必要とする。

(4) **水替を要する場合** 鐵筋コンクリートに於ては、水中コンクリートの施工が嚴禁されて居るから、根掘中の水は、コンクリート打ち前に之を排除しなければならないのみならず、根掘中に流入する水が打つたコンクリートを洗ひ流さない様に、適當な方法で排除しなければならない。

凡て、水替をしながらコンクリート打ちをする時の切取及び締切は、構造物の大きさよりも、排水の爲に必要な外側溝又は集水溝を設けるに十分な丈大きくしておかなければならない。締切矢板は、水壓又は土壓の爲に内方に傾く傾向があるから、小さすぎると後に種々な不便が起る。構造物の大きさにもよるが、大約、構造物の周りに 60 cm 乃至 90 cm 位あけておけば、切取又は締切と型枠との間に溝を掘つて、水を集めるのに十分である。

湧水又は地下水を處理するのに實際上便利な方法は、コンクリートの底面以下に、深さ及

び幅が 15 cm 乃至 30 cm 位の溝を掘つて湧水ある個所と連絡し、之を集水溝又は型枠外の側溝に導いて汲み上げる方法である。湧水が溝に集まつて来た後に、大きさ 7 cm 位の割栗を溝に入れ、板 2 枚を釘付けにした樋で溝の蓋をする。コンクリートが蓋から漏れて、水流を止めることがない様に注意する。水位は、十分餘裕を見て、コンクリートの底面下にあらしめる。水替を中絶した爲に水位が上つて来て、新しいコンクリートを洗ふ様なことがあれば、非常な悪結果を來す。

コンクリートの施工中は勿論、天端が出来て施工を終り、作業手が引上げた後でも、猶ほ、3~4 時間位、最後に打つたコンクリートが凝結を終る頃迄は、水替を續行する。箱枠の中にコンクリート打ちをした場合の様に、脚部が十分詰められて居るものはまだよいが、型枠の周囲に隙があるものでは、セメントが凝結する前に水位が上つて来てコンクリートが洗はれると、コンクリートが自身の重量で崩れる様なことが起る。

コンクリートが愈々水に侵される前に、排水に用ひた水車、足場其の他の材料などの不用品は凡て取り片づけるがよい。翌日になつて水に侵たされてから是等のものを動かすと、無理が出来て、強度の小さいコンクリートに餘計な力がかけられる惧れがある。

基礎が岩盤で湧水がある場合にも、工費は高くなるけれども、排水管又は溝によつて排水しなければならぬ。コンクリートと岩盤との間に水が入込むことがあれば非常に危険である。岩盤上には、普通、均らしコンクリートを打つ。若し岩盤が傾斜して居れば、之を階段に切らなければならない。

コンクリート體下の排水に用ゐる排水溝を填充するには、セメント注入法が有效である。排水設備として、小工事では、普通の水車が非常に能率がよい。人力によるポンプはあまり有效でない。大工事では、動力によるポンプを使用するのが得策である。

水替が甚だ困難である場合には、型枠内の水を静止させ、相當の水中コンクリートを施して水止めの用をなさしめ、後に型枠内の水を替へて鐵筋の組立て其の他の施工を進めることもある。水中コンクリートの施工については第 12 章に述べてある。

基礎地盤がほぼ水平で、雨水が溜る程度であるか、又は、湧水があつても切取以外に流れて行く様な時であれば、地盤上に割栗を大約 15~30 cm 置いて突固め、砂利又は硬練りコンクリートで目潰をした後に、コンクリートを打つ。

第 2 節 コンクリートの運搬

§ 142. 概 説

コンクリートを混合所から打つ場所まで運搬するには、運搬中にコンクリートが分離又は損失しない様な方法で、出来るだけ迅速に之を行ふこと、再取扱ひを避ける爲に出来るだけ打つ位置に近い所まで運搬すること、を主眼とする。

コンクリートを取扱ふ度毎にコンクリート材料が分離する傾向があるから、運搬作業に於ても、出来るだけ取扱ひの回数をおくることが肝要である。

バッチ ミキサから吐出されたコンクリートを1練り毎に、材料の分離の極めて悪い方法により、コンクリートが最後に占める位置まで運搬するのが理想である。

如何なる運搬方法によるにしても、打つた時に、コンクリートは所要の性質を有するものでなければならない。

運搬中に材料の分離を生じたコンクリートは、必ず、之を練直してから打たなければならない。

コンクリートの運搬方法は、構造物の種類及び形状、地形の状態、コンクリートの量、工期、骨材の最大寸法、コンクリートの流動性、運搬機械の元價及び運轉費、他の工事に使用した機械の利用、運搬機械を請負人が購入するか又は工事者が購入するか、温度及び湿度、等多くの事項に關係するものである。

小規模の工事では、筈共他にコンクリートを入れ、人夫に擔がせて運搬することもあるが、少し大規模の工事になると、次に述べる諸方法又は是等を組合せた方法で、コンクリートを運搬する。

§ 143. 手 押 車

手押車は運搬距離の比較的近い時に多く用ゐられるもので、1輪車と2輪車とがある。小さい橋梁、建築、人道、等の工事に多く用ゐられる。

1輪車の容積は 0.05 m^3 乃至 0.06 m^3 (大凡2切)、2輪車は 0.15 m^3 乃至 0.2 m^3 (大凡6切) 位のものが多い。容積が比較的小さいから、1バッチを数臺の手押車に分けて運搬することが多い。1輪車は、それを押して行く歩み板の幅が 30 cm 位でもよい。2輪車の方は尠くとも 80 cm 位の幅が必要であるが、その代りに使用法は熟練を要しない。2輪車は1輪車よりも運搬距離の長い時に適して居つて、容積の大きいものでは、2人で引かなければならない場合が多い。

§ 144. 輕 便 鐵 道

コンクリート堰堤の様な大工事であるとか、長徑間の橋梁工事などの様に、運搬距離の大

きい時には、輕便鐵道によるのが便利のことが多い。軌幅は普通 50 cm 乃至 60 cm である。運搬車としては、水密であれば普通の土運車を使用してもよいが、ミキサ及び其他の設備の大きさに適應する様に特に造られたバケツ式、又は底開式の車を使用するのが適當な場合が多い。運搬車を高い所に上げるには、昇降機を用ゐることもある。

§ 145. 自 働 車

コンクリートを運搬するための自動車は、積卸しが容易な様に設計されたものを用ゐる。運搬距離が大きい時は、攪拌機によつて、運搬中に起るコンクリート材料の分離を防ぐのが適當である (§ 139 参照)。

§ 146. バ ケ ッ ト

ミキサから吐出されるコンクリートを適當な設計のバケツにあげ、之を直ちにコンクリートを打つ場所まで運搬する方法は、今日の處で、最も満足な方法であると、一般に考へられて居る。

バケツの容量は、大堰堤工事などに於ては 6 m^3 まで用ゐられて居るが、 3 m^3 までが一般に適當である。

バケツの断面は、圓形が最も普通であるが、正方形のものも用ゐられる。前者は、バケツからのコンクリートの吐出しを調整する必要がある時に便利である。

堰堤工事に於ける様に、骨材の最大寸法が大きく、水セメント重量比の小さいコンクリートの運搬に用ゐるバケツの底の構造は、之からコンクリートを吐出す際、材料の分離を起さない様にすることが特に大切である。

バケツの運搬には、鐵道、自動車、ケーブル クレーン、ジブ クレーン、及び是等の組合せが使用される。

ケーブル クレーンは、大きい面積又は細長い面積に多量のコンクリートを運搬するのに便利である。例へば、長い橋梁、堰堤、貯水池工事、等に適する。

橋梁工事の場合に於ては、ケーブルの兩端を固定するのが普通であるが、堰堤其他の場合には、ケーブルの一端を移動する塔に支持させる場合が多い。

ケーブルから吊したバケツの底の開閉には、動力として壓搾空氣を使用するのが便利である。

ジブ クレーン又は之に類似のクレーンは、ケーブル クレーンと同様な目的に使用されて居る。