

絵とま

土木施工

工学博士 栗津清蔵 監修

浅野繁喜 笹川隆邦 村尾 豊 松嶋忠史 共著

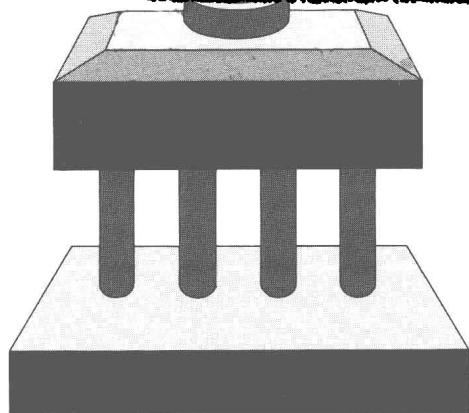


絵とき 土木施工

工学博士 栗津清蔵 監修

浅野繁喜 笹川隆邦 村尾豊 松嶋由中 共著

江苏工业学院图书馆
藏书章



監修者略歴

栗津 清蔵 (あわづ せいぞう)
昭和 19 年 日本大学工学部卒業
昭和 33 年 工学博士
現 在 日本大学名誉教授

著者略歴

浅野 繁喜 (あさの しげき)
昭和 50 年 西日本工業大学工学部卒業
現 在 大阪市立都島工業高等学校教諭

笹川 隆邦 (ささがわ たかくに)
昭和 39 年 京都大学工業教員養成所土木工学科卒業
現 在 兵庫県立兵庫工業高等学校教諭

村尾 豊 (むらお ゆたか)
昭和 61 年 立命館大学理工学部卒業
現 在 大阪市立都島工業高等学校教諭

松嶋 忠史 (まつしま ただふみ)
昭和 41 年 京都大学工業教員養成所土木工学科卒業
現 在 兵庫県立篠山産業高等学校教諭

絵とき 土木施工 © 浅野繁喜・笹川隆邦・村尾 豊・松嶋忠史 1996

平成 8 年 3 月 25 日 第 1 版第 1 刷発行

著 者	浅 野 繁 喜 笹 川 隆 邦 村 尾 豊 史 松 嶋 忠 史
発 行 者	株式会社 オ ー ム 社 代 表 者 佐 藤 政 次
〔検印省略〕	
発 行 所	株式会社 オ ー ム 社 郵便番号 101 東京都千代田区神田錦町 3-1 振 替 00160-8-20018 電 話 03(3233)0641(代表)

Printed in Japan

印刷 中央印刷 製本 協栄製本
落丁・乱丁本はお取替えいたします

ISBN 4 - 274 - 13054 - 1

 <日本複写権センター委託出版物・特別扱い>

編集委員会

監修：栗津清蔵（日本大学名誉教授・工学博士）

編集委員：宮田隆弘（前高知県立高知工業高等学校）

浅賀榮三（栃木県立宇都宮工業高等学校）

國澤正和（大阪市立都島第二工業高等学校）

田島富男（東京都立田無工業高等学校）

本書は、「著作権法」によって、著作権等の権利が保護されている著作物です。本書の全部または一部につき、無断で転載、複写機等による複写複製、電子的装置への入力等をされると、著作権等の権利侵害となる場合がありますので、ご注意ください。

本書の無断複写は、著作権法上での例外を除き、禁じられています。本書を複写される場合は、日本複写権センターの許諾を得てください。

お問合せは下記へお願いします。

日本複写権センター

〒107 東京都港区北青山 3-3-7 第一青山ビル 3F TEL. 03-3401-2382

株式会社オーム社 著作権担当

〒101 東京都千代田区神田錦町 3-1

TEL. 03-3233-0641

は　じ　め　に

古来より、人類は人間社会を形成し集団生活を営んできました。快適な住環境を創造することはどの時代の指導者も腐心してきたところです。「水を制する者は国を制す」とも言われ、都市造りには常にその時代の最新技術が駆使されてきたことは言うまでもありません。

明治以後、欧米文化が入ってきてからは、技術面で数多くの大きな変革をもたらしてきました。とりわけ鉄とコンクリートの使用は、技術革新の大きな原動力となっています。近年では、都市交通網の整備をはじめ、都市基盤の整備が重要な課題となってきました。

最近の土木工事では著しく技術革新が進み、目をみはる新しい工法が採用されています。工事の省力化・大規模化・合理化・理論解析の細分化によって、次々と大型プロジェクトが組まれ大規模工事が進められています。

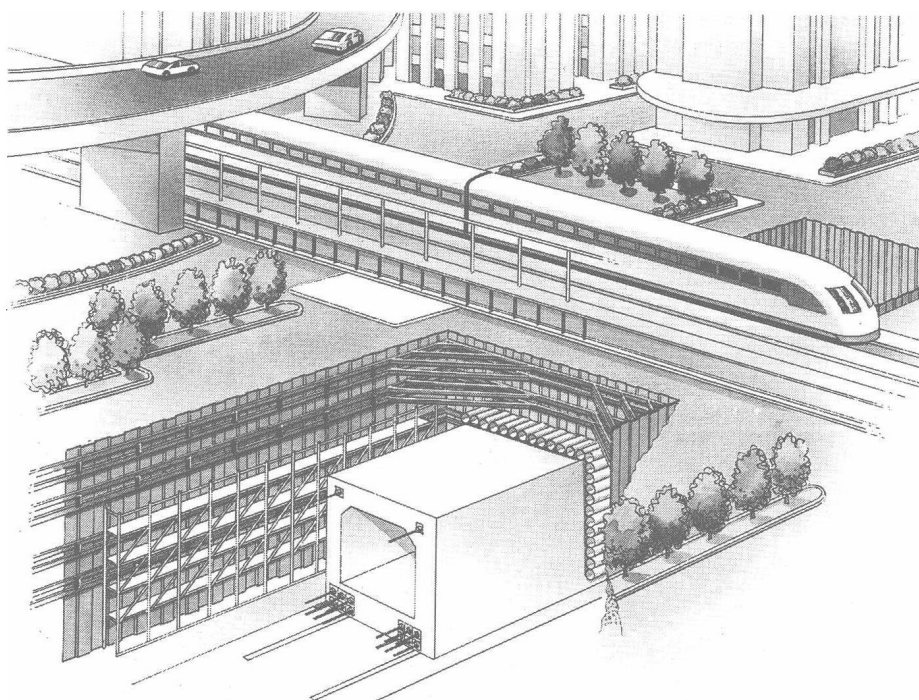
一方、自然環境破壊の防止、環境の整備・保全等住みよい住環境を形成するうえにおける新しい課題も求められ、非常に複雑で高度な技術が要求されるようになってきました。

本書は、土木施工の入門書として初めての人にも分かり易く基礎・基本的な内容を「絵とき」として解説したものです。章末のまとめ問題は「2級土木施工管理技士試験」に出題された問題を中心に取り上げています。新しく土木の世界に入られる方々、あるいは興味をお持ちの皆様に活用されることを望むと共に、「土木施工管理技士」にチャレンジして頂ければ幸いです。

終わりに、本書の出版にあたり、オーム社の出版部の方々に多大なご尽力をいただくと共に、資料提供に快くご賛同頂いた関係者の皆様方に厚くお礼申し上げます。

1996年2月

著者らしるす



(提供：浅沼組)

目 次

第1章 土 木 材 料

①	弾性・塑性と材料の規格	2
②	弾性係数（ヤング係数）	4
③	木材と石材	6
④	鉄鋼材料	8
⑤	鉄 鋼 製 品	10
⑥	高分子材料	12
	第1章のまとめの問題	14

第2章 土工機械と土工の実施

①	土工の計画	16
②	土量の変化	18
③	土 積 図	20
④	土 工 機 械	22
⑤	掘削運搬機械	24
⑥	ショベル系掘削機械	26
⑦	整地・締固め機械	28
⑧	のり面保護工	30
⑨	浚渫・埋立て	32
	第2章のまとめの問題	34

第3章 土工の計画・設計

①	ブルドーザの作業能力	38
②	ショベル系掘削機械の作業能力	40
③	ダンプトラックの作業能力	42
④	機械を使用する場合の費用	44
⑤	機械土工の所要量	46
⑥	機械運搬費	48
第3章のまとめの問題		50

第4章 基礎工

①	基礎工の種類	52
②	地盤の支持力と変位	54
③	地盤の改良工	56
④	土留め工と根掘工	58
⑤	直接基礎工	60
⑥	くい打ち基礎工	62
⑦	既製ぐいの施工	64
⑧	場所打ちぐいの施工	66
⑨	ケーソン基礎工	68
⑩	矢板式基礎工・特殊基礎	70
⑪	地下連続壁基礎・アンダーピニング工	72
第4章のまとめの問題		74

第5章 コンクリート工

①	運搬・打込み・締固め	78
②	仕上げ・養生・型わくの取りはずし	80
③	寒中コンクリートの施工	82

④	暑中コンクリートの施工	84
⑤	水中コンクリートの施工	86
⑥	コンクリート製品	88
	第5章のまとめの問題	90

第6章 舗 装 工

①	路 床 工	94
②	路 盤 工	96
③	歴 青 材 料	98
④	アスファルト混合物	100
⑤	舗 設	102
⑥	舗装の設計	104
⑦	コンクリート舗装	106
⑧	打込み・仕上げ	108
	第6章のまとめの問題	110

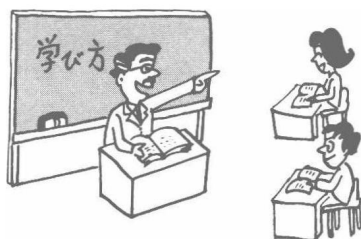
第7章 ト ン ネ ル 工

①	トンネルの計画	114
②	トンネルの掘削	116
③	爆破工1 (穴ぐり)	118
④	爆破工2 (火薬・装薬)	120
⑤	ずり処理・支保工	122
⑥	覆 工	124
⑦	シールド工法	126
⑧	開削工法・推進工法	128
⑨	沈埋工法	130
⑩	注入工法・迂回水抜き工法	132
⑪	特殊工法・凍結工法	134
	第7章のまとめの問題	136

第8章 河川工事・海岸工事

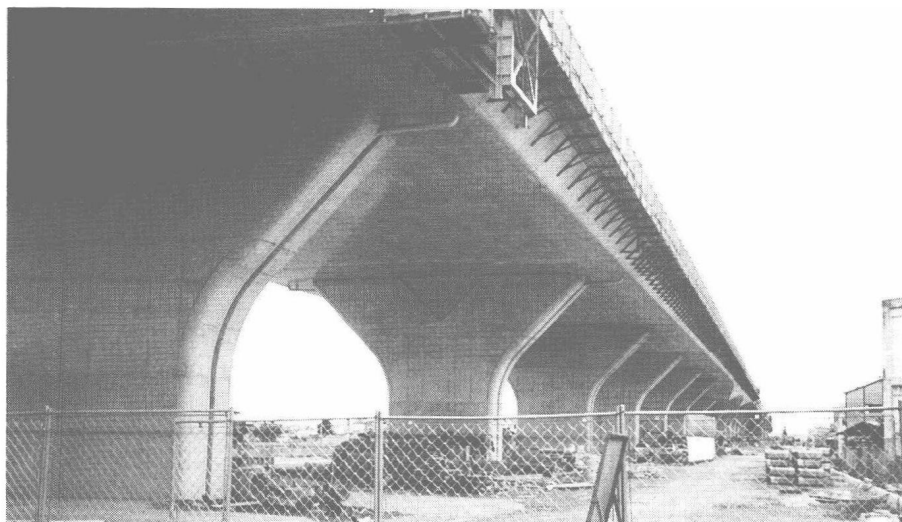
① 築堤の施工	140
② 護岸工・水制工	142
③ 砂防工事（渓流部）	144
④ 砂防工事（山地・急傾斜地）	146
⑤ ダム工事	148
⑥ 海岸工事	150
第8章のまとめの問題	152
まとめの問題解答	153
付 録	161
参 考 文 献	167
索 引	169

第1章 土 木 材 料



近年の科学技術の発展は目覚ましく、土木技術の分野においても同様に著しく進歩発展している。ますます高度化していく土木技術にとって、土木材料の進歩発展の果たす役割はさらに大きくなっている。

土木材料には、木材・石材・粘土・土などの天然材料と金属材料・^{れきせい}歴青材料・セメント・高分子材料などの人工材料を含めて、多種多様なものがある。これらの材料の諸性質を十分に理解し、構造物の設計・施工に当たっては、適材を適所に使用するように努めなければならない。



工事中の材料置場

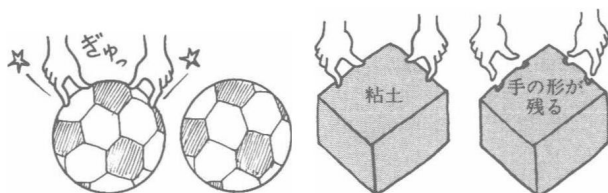
1

ボールを手で
押すともとに
もどるが、
粘土はもどら
ない

弾性・塑性と材料の規格

弾性：原形にもどる。

塑性：原形にもどらない。



弾 性

(1) 一般に材料に力を加えると変形し、その力を取り除くともとの形にもどる物体の性質を弾性という。この場合の変形を弾性変形という。また、このような性質をもつ物体を弾性体という。

(2) 比例限度内において、応力とひずみは正比例する。すなわち、弾性材料で応力度とひずみ度（ひずみ）の比が一定であるという関係をフックの法則という。

(3) 物体に外力（引張力、圧縮力）が作用すると、その部材内部の任意の断面に、その外力とつりあうように、それとは反対向きの力が生じる。この力を外力に対する応力という。

(4) 構造用鋼材は、変形が小さい範囲（弾性限度内）では、弾性体と考えてもよい材料である。

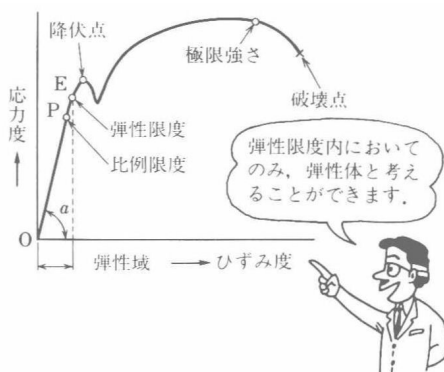
(5) 構造用の鋼材の応力度・ひずみ度曲線は、図1・1のようになる。

① $O \rightarrow P$ ：応力度とひずみ度は直線的に変化する。

② $P \rightarrow E$ ：緩やかなカーブを描

き、点Eで力を取り除いたとき、材料はもとの形にもどりひずみは残らない。

③ E以降：ひずみは急激に増え、力を取り除いても材料はもとの形にもどらず残留変形を残す。



塑 性

(1) 一般に、材料に外から力を加え

ると変形し、その力を取り除いても、

図1・1 構造用鋼材の応力度・ひずみ度曲線

もとの形にもどらないで変形が残る性質を**塑性**という。この場合の変形を**塑性変形**という。また、このような性質をもつ物体を**塑性体**という。

(2) コンクリートは**塑性体**である。コンクリートの応力度・ひずみ度曲線を描くと図1・2のようになる。コンクリートでは、図1・2のように直線的に変化する部分はない。

(3) コンクリートが安全に使用できる範囲と考えられる点Eをとり、線OEをほぼ直線と考え、この範囲内で弾性体と考え弾性係数の値を定めている。

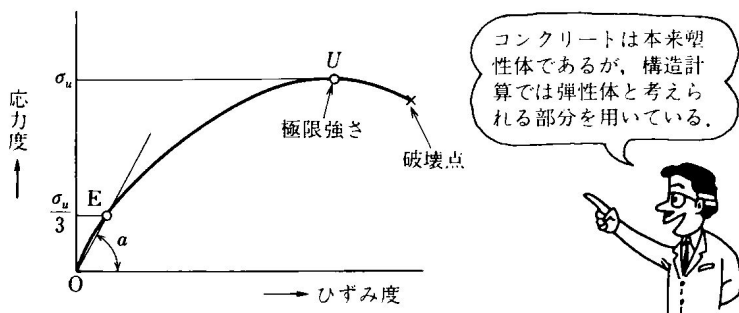


図1・2 コンクリートの応力度・ひずみ度曲線

弾性から塑性

多くの構造用材料は、**弾性**と**塑性**の両方の性質をもっており、応力度がある大きさ（構造用鋼材では弾性限度内）までは弾性を示し、その限界を超えるとしだいに塑性を示す度合いが大きくなる。

材料の規格

(1) 構造用材料は多くの種類があり、生産者および使用者が便利のように、**材料の品質・形状・寸法・使用方法・試験方法**などに関して統一されている。

(2) 昭和24年の工業標準化法に基づいて、工業製品の規格統一・品質の改善・生産性の向上のため、**日本工業規格（JIS）**が定められている。

(3) 工業標準化法の主目的は、①生産能率の増進、②生産費の低下、③品質の向上、④資料の節約、⑤取引きの公正化、⑥消費の合理化などである。

(4) JISの他にも、**日本農林規格（JAS）**、**日本水道協会規格**などがある。

現在、国際化が著しく、JIS規格から、将来は国際規格に統一される方向が出てくることが考えられる。

2

バネは限度内で
あれば必ずもとの
長さにもどる

弾性係数（ヤング係数）



弾 性 係 数

(1) 弾性材料は、比例限度内において応力とひずみとが比例する。この性質をフックの法則という。

(2) 図 1・3 において、断面積 A 、長さ l の材料を外力 P で引張り、長さ l が Δl だけ伸びた場合、応力度 $\sigma = P/A$ 、ひずみ度 $\epsilon = \Delta l/l$ で示される。フックの法則により応力度 σ とひずみ度 ϵ は比例する。比例定数を E とすると次のとおりである。



圧縮すれば
材料は太く
なるんです
ね!!



図 1・3 材料の変形

$$\text{定数 } E = \frac{\text{応力度}}{\text{ひずみ度}} = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\frac{P}{A}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{Pl}{A\Delta l}$$

この場合の定数 E を弾性係数（ヤング係数）という。

(3) 材料に外力を加えると、その応力の方向にひずみが生じると同時に、これと直角な横方向にもひずみが生じる。このときの外力方向のひずみ（縦ひずみ度）を ϵ 、横方向のひずみ（横ひずみ度）を β とすると、これらの比 ν は次のようになる。

$$\nu = \frac{\beta}{\epsilon} = \frac{1}{m} \quad (\text{横ひずみ度 } \beta = \Delta d/d \text{ である})$$

この場合の $1/m$ をポアソン比といい、 m をポアソン数という。

(4) 一定の荷重のもとで時間の経過とともにひずみが増加する現象をクリープという。クリープによって部材が破壊する現象をクリープ破壊という。

(5) 設計計算に用いる材料の弾性係数およびポアソン比は、道路橋示方書（日本道路協会編）では次のように定めている。

表 1・1 材料の弾性係数とポアソン比

材 料	弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比
鋼・鉄	2.06×10^5	0.30
鋳 鉄	9.8×10^4	0.25
コンクリート	$2.55 \times 10^4 \sim 3.92 \times 10^4$	1/6

注) SI 単位に修正

本書では、1 kgf = 9.8 N
として換算しています。



例題 1 弾性係数 E



図 1・3 において、直径 $d = 22$ mm、長さ $l = 3$ m の鋼棒を外力 $P = 50$ kN の力で引張ったとき 0.189 cm 伸びた。この場合の縦ひずみ度 ϵ および弾性係数 E はいくらか。

$$(解) \quad \text{縦ひずみ度 } \epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.189 \text{ cm}}{300 \text{ cm}} = 0.00063$$

$$\text{応力 } \sigma = \frac{P}{A} = \frac{50\,000}{\frac{3.14 \times 22^2}{4}} \div 132 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$\text{弾性係数 } E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{132}{0.00063} \div 209\,500 \text{ [N/mm}^2\text{]} \div 2.1 \times 10^5 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

例題 2 ポアソン比 ν ・ポアソン数 m



前問において、鋼棒の断面の直径が 0.0046 mm 縮んだとき、この鋼棒のポアソン比およびポアソン数を求めよ。

$$(解) \quad \text{横ひずみ度 } \beta = \frac{\Delta d}{d} = \frac{0.0046 \text{ [mm]}}{22 \text{ [mm]}} \div 0.00021$$

$$\text{ポアソン比 } \frac{1}{m} = \frac{\text{横ひずみ度}}{\text{縦ひずみ度}} = \frac{\beta}{\epsilon} = \frac{0.00021}{0.00063} = \frac{1}{3}$$

$$\text{ポアソン数 } m = \frac{\text{縦ひずみ度}}{\text{横ひずみ度}} = \frac{\epsilon}{\beta} = \frac{0.00063}{0.00021} = 3$$

3

この橋も
木と石で
できている

木材と石材



木

材

木材は、古くから建設用材料として広く用いられてきたが、近年、これに代わるすぐれた材料の出現により、その使用範囲は著しく少なくなっている。

- (1) 木材の性質 ① 木材は加工が容易で、比重の割りに強さが大きく、熱・音の伝導率は小さく、軽く美しい外観を有するなどの利点がある。
- ② 燃えやすく腐りやすく強さが均一でない。また、大きさに制限があるなどの欠点がある。
- ③ 木材はふつう空气中で乾燥させたものが用いられる。
- ④ 木材の比重は、空气中的湿度と平衡するまで乾燥した気乾状態の比重（気乾比重）で表しており、一般に比重の大きな木材は強さが大きい。
- (2) 木材の強度 ① 木材の強度は、樹種や力の作用方向、節の有無等により異なった値をとる。

- ② 一般に木材の繊維方向の引張強度は、圧縮強度より大きい。

主な木材の比重と標準強度は、表 1・2 のとおりである。

- (3) 木材の規格 木材の規格は、素材に関する日本農林規格や製材の規格の他に、集成材やくい丸太、まくら木、合板などに関して規定されている。

表 1・2 木材の比重と標準強度

樹 種	気乾重量 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)
スギ	$(3.2 \sim 4.3) \times 10^{-5}$	25.5~40.7	50.5~73.5	29.4~73.5	3.9~8.3
ヒノキ	$(3.3 \sim 4.6) \times 10^{-5}$	29.4~39.2	83.3~147.0	50.0~83.3	5.9~11.3
アカマツ	$(4.2 \sim 6.4) \times 10^{-5}$	36.3~51.9	82.3~182.3	35.3~115.6	4.9~11.8
ベイマツ	5.4×10^{-5}	42.1	102.9	70.6	7.2

注) SI 単位に修正

(土木学会編「土木工学ハンドブック」による)

石 材

石材は、古くから建設工事において構造用・装飾用材料として広く用いられている。

コンクリートの著しい進歩発展のため、石材の使用は減少しているが、装飾用材や石積・コンクリート用骨材としての用途は多い。

(1) 石材の性質 ① 石材の性質を示す指標として、比重、圧縮強度、耐久性、耐熱性などがある。

② 石材の種類は多いが、構造用としては基礎や割り等、仕上用の外装用に花こう岩、内装用に大理石などが用いられる。

③ 石材の比重は、一般に見かけ比重で表している。また、石材の単位容積量は、石材の質量をその容積で割った値 $[\text{g}/\text{cm}^3, \text{t}/\text{m}^3]$ で表している。

(2) 石材の強度 ① 石材の圧縮強度、比重、空げき率、吸水率は互に関連している。

② 比重が大きいものほど空げき率および吸水率は小さく、すなわち、単位容積質量が大きいほど圧縮強度は大きくなる。

主な岩石の比重と強度は、表 1・3 のとおりである。

表 1・3 岩石の比重と強度他

岩石の種類	比 重	圧縮強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	吸水率 [%]	空げき率 [%]
花 こう 岩	2.5~3.0	61.8~297.9	2.4~ 9.2	0.2~ 1.7	—
砂 岩	2.05~2.67	26.1~233.2	2.5~ 2.8	0.7~13.8	1.6~26.4
石 灰 岩	2.40~2.81	52.2~185.0	3.4	0.1~ 3.4	—
大 理 石	2.58~2.74	92.1~226.9	3.7~10.5	0.1~ 2.5	0.3~ 2.0

注) SI 単位に修正

(土木学会編「土木工学ハンドブック」による)

強度と吸水率は
スポンジと木片
で比べると一目
瞭然!



例題 3 土木工事の設計図

土木工事の設計図に関する次の組合せで間違っているものはどれか。

(1) $\phi 12 @ 300$ ——— 直径 12 mm の鉄筋を 300 mm 間隔に配置

(2)  ——— 石材

(3) $5 \times 200 = 1\,000$ ——— 全長 1 000 mm を 200 mm 間隔に 5 等分

(4)  ——— 岩盤

(解) (4)

 : この記号は土を表す。

 : 岩盤は、この記号で表示する。